"SCIENTIA,,

(RIVISTA DI SCIENZA)

Rivista internazionale di sintesi scientifica – Revue internationale de synthèse scientifique
International Review of Scientific Synthesis – Internationale Zeitschrift für wissenschaftliche
Synthese – Revista internacional de síntesis científica

DIREZIONE – DIRECTION – DIREKTION – DIRECCION
N. BONETTI

COMITATO SCIENTIFICO - COMITE SCIENTIFIQUE - SCIENTIFIC COMMITTEE
WISSENSCHAFTLICHES KOMITEE - COMITE CIENTIFICO

G. ABETTI - G. B. BONINO - P. CALDIROLA - L. CALIFANO - R. CANESTRARI - B. DE FINETTI - G. MERLA - G. MONTALENTI - E. PADOA - G. SANSONE - A. SESTINI - V. SOMENZI - S. TONZIG

Ist. PINCHERLE
INVENTARIO N. (5468)

INDEX

Vol. CIII Annus LXII

MCMLXVIII

PARIS
L. S. T. F. E.

LONDON
ATLAS PUBL. & DISTR. Co.

NEW YORK
STECHERT - HAFNER, INC.

BONN a/Rh.
H. BOUVIER u. Co.

MOSCOU
MEZHDUNARODNAJA KNIGA

WIEN
GEROLD & Co.

PORTO
F. MACHADO & Cia.

MADRID
LIBRERIA EDIT. AUGUSTINUS

LAUSANNE
LIBRAIRIE PAYOT, S. A.

TOKYO
THE MARUZEN Co.

"SCIENTIA,, Via Donizetti 55 - I 20122 Milano (Italie)

INDEX

Vol. CIII: n. DCLXIX-DCLXX - 1-2 — DCLXXI-DCLXXII - 3-4 — DCLXXIII-DCLXXIV - 5-6 — DCLXXV-DCLXXVI - 7-8 — DCLXXVII-DCLXXVIII - 9-10 — DCLXXIX-DCLXXX - 11-12.

	Fasc. n.	Page du Texte	Page du Suppl.
Amouriq, L. - Action des intermittences régulières et irrégulières d'éclairement et d'obscurcissement sur le rythme nycthéméral d'activité de *porcellio scaber* latr. (porcellionidae, isopodes). .	*7-8*	354	—
Arzeliès, H. - Le choix du système d'unité est-il un problème scientifique?	*1-2*	36	—
Bochner, S. - The Size of the Universe in Greek Thought (La dimension de l'Univers dans la pensée grecque)	*9-10*	510	261
Brown Jr., F. A. - « Endogenous » Biorhythmicity Reviewed with New Evidence (La biorythmicité « endogène » revue à la lumière de preuves nouvelles)	*5-6*	245	119
Burnelle, L. - Photochimie et pollution atmosphérique	*7-8*	348	—
Colby, K. M. and **Enea, H.** - Inductive Inference by Intelligent Machines (Raisonnement inductif par les machines à penser)	*1-2*	43	25
Corso, J. F. - The Sensory Effects of Aging in Man (Les effets sensoriels du vieillissement chez l'homme)	*7-8*	362	178
D'Agostino, S. - Il pensiero scientifico di Maxwell e lo sviluppo della teoria del campo elettromagnetico nella memoria « On Faraday's Lines of Force » (La pensée scientifique de Maxwell et le développement de la théorie du champ électromagnétique dans le mémoire « On Faraday's Lines of Force »).	*5-6*	291	155
Dauvillier, A. - Activité solaire, biogenèse et extinctions	*11-12*	551	—
Doby, G. - Photosynthese Bedingung alles Lebens (La photosynthèse condition de toute vie)	*1-2*	26	17
Dumitriu, A. - Le problème des paradoxes logico-mathématiques	*7-8*	394	—
Fichera, E. - L'analisi indeterminata nell'astrodinamica (Emploi de l'analyse indéterminée en astrodynamique)	*9-10*	439	207
Fingerman, M. - Crustacean Color Changes with Emphasis on the Fiddler Crab (Changements de couleur chez les crustacés en insistant sur le crabe Uca)	*3-4*	136	83
Foster, W. D. - Robert Koch and his Contribution to Bacteriology (Robert Koch et sa contribution à la bactériologie).	*1-2*	53	35
Gal-Or, B. - A Note on Relativistic Thermodynamics and the Concept of Entropy (Note relative à la thermodynamique relativiste et au concept d'entropie)	*1-2*	3	1
Grover, R. F. - The High Altitude Resident of North America (L'habitant de haute altitude en Amérique du Nord). . . .	*1-2*	9	7
Haagen-Smit, A. J. - Air Conservation (La conservation de l'air)	*5-6*	261	131

	Fasc. n.	Page du Texte	Page du Suppl.
Kogan, A. B. - The Neuronal Organization of Brain Mechanisms (L'organisation neuronale des mécanismes cérébraux)	*9-10*	488	253
Küpfmüller, K. - Informationsverarbeitung der Nervenzellen (Traitement de l'information des cellules nerveuses)	*5-6*	281	148
Leite Lopes, J. - Science, humanisme et tiers-monde	*11-12*	623	—
Lüst, R. - Elektromagnetische Felder im Weltraum (Les champs magnétiques dans l'espace cosmique)	*3-4*	99	53
Mills, C. A. - Earthquake and Suicide Timing in Relation to Variations in Lunar-Solar Gravitational Force (Périodicité des tremblements de terre et périodicité des suicides, en corrélation avec les variations des forces de gravitation de la Lune et du Soleil)	*5-6*	215	113
Moore, W. J. - The Influence of Muscular Function on the Growth of the Skull (Influence de la fonction musculaire sur la croissance du crâne)	*7-8*	333	165
Mouloud, N. - Les sciences de structures et la philosophie de l'homme	*3-4*	174	—
Okoń, W. - On the Teacher's Creativity (Le pouvoir créateur du professeur)	*11-12*	628	328
Onicescu, O. - Mouvement et structure	*7-8*	327	—
Pappius, H. M. - Biochemical Aspects of Brain Swelling (Aspects biochimiques de l'oedème cérébral)	*3-4*	161	102
Park, J. L. - Quantum Physics and the Macrocosmos (La physique quantique et le macrocosme)	*11-12*	569	281
Richardson, A. W. - Biologic Effects of Non-Ionizing Electromagnetic Radiations (Les effets biologiques des radiations électromagnétiques non icnisantes)	*9-10*	447	214
Romanowski, M. - L'évolution du rôle que joue la loi normale dans le calcul des erreurs d'observations	*5-6*	227	—
Suchodolski, B. - L'éducation pour l'avenir et les traditions de la pensée pédagogique	*9-10*	499	—
Szarski, H. - The Concept of Progress in Evolution (Le concept de progrès dans l'évolution)	*3-4*	152	94
Van der Plas, L. - Feldspars (Les feldspaths)	*3-4*	112	64
Von Brand, Th. - Parasites and their Metabolism (Les parasites et leur métabolisme)	*11-12*	599	306
Wehner, A. P. - The Biological Significance of Electro-Aerosols (La signification biologique des électro-aérosols)	*9-10*	454	221
Whitehouse, H. L. K. - Chromosome Organization in Relation to the Mechanism of Crossing-Over (Organisation des chromosomes en rapport avec le mécanisme du Crossing-Over)	*11-12*	585	296
Wolfe, D. A. and **Rice, T. R.** - Safe Levels of Radioactivity in Aquatic Environments (Doses-limites de sécurité de la radioactivité en milieu aquatique)	*9-10*	469	235
Wróblewski, J. - Décision judiciaire: l'application ou la création du droit	*11-12*	638	—

INDEX - VOL. CIII - ANNUS LXII

Recensioni - Comptes rendus - Book Reviews - Referate - Analisis de obras

	Fasc. n.	Page du Texte
***. - Airborne Microbes; *L. Califano*	*9-10*	537
***. - Atti del convegno sui campi magnetici solari e la spettroscopia ad alta risoluzione; *R. Falciani*	*11-12*	648
***. - Atti del convegno sulle macchie solari; *R. Falciani*	*11-12*	648
***. - Biochemistry of Mitochondria; *L. Califano*	*7-8*	428
***. - Colloquium on Late-Type Stars; *G. Abetti*	1-2	73
***. - Comprehensive Biochemistry. Vol. XIV; *L. Califano*	*7-8*	428
***. - Cybernetics of the Nervous System; *V. Somenzi*	*11-12*	670
***. - Das vegetative Nervensystem. Teil I-II; *L. Califano*	*11-12*	664
***. - D-Days at Dayton; *G. Montalenti*	*5-6*	316
***. - Die Säugetiere der Sowjetunion. Band I; *E. Zavattari*	*11-12*	668
***. - Discovery Reports. Vol. XXXIV; *E. Zavattari*	*1-2*	84
***. - Early Nineteenth Century European Scientists; *M. Rigutti*	*3-4*	207
***. - Environmental Biology; *B. Baccetti*	*7-8*	425
***. - Evolution of the Forebrain. Phylogenesis and Ontogenesis of the Forebrain; *G. Montalenti*	*11-12*	665
***. - Growth of Crystals. Vol. IV; *A. Debenedetti*	*1-2*	81
***. - Les problèmes météorologiques de la stratosphère et de la mésosphère; *G. L. Tagliaferri*	*5-6*	305
***. - Lexikon der kybernetischen Pädagogik und der programmierten Instruktion; *A. Serrai*	*1-2*	89
***. - Medicamenta. 5 vol.; *V. L. Giacomelli*	*3-4*	204
***. - Methods and Techniques in Geophysics. Vol. II; *G. L. Tagliaferri*	*7-8*	422
***. - Methods in Palaeomagnetism; *P. Caloi*	*1-2*	79
***. - Nel quarto centenario della nascita di Galileo Galilei; *A. Natucci*	*5-6*	318
***. - Nerve, Brain and Memory Models; *V. Somenzi*	*11-12*	670
***. - Ocean Sciences; *G. Aliverti*	*1-2*	79
***. - Proceedings of a Symposium on High Latitude Particles and the Ionosphere; *G. Calamai*	*1-2*	75
***. - Reattori di potenza nel mondo. 2 vol.; *P. Caldirola*	*1-2*	75
***. - Solar Radiation; *G. Aliverti*	*3-4*	201
***. - Sourcebook of Laboratory Exercises in Plant Pathology; *O. Verona*	*7-8*	430
***. - The Amino Sugars. The Chemistry and Biology of Compounds Containing Amino Sugars. 2 Vols.; *L. Califano*	*1-2*	77
***. - The Development of High-Energy Accelerators; *R. Piontelli*	*1-2*	76
***. - The Metal Plutonium; *V. Lorenzelli*	*11-12*	656
***. - The Middle Ultraviolet. Its Science and Technology; *V. Ronchi*	*9-10*	536
***. - Treatise on Invertebrate Paleontology. 2 Vols.; *E. Zavattari*	*5-6*	311
ABETTI, G. - La Stella Sole; *G. Godoli*	*9-10*	532
ALFVEN, H. - Worlds-Antiworlds; *G. Calamai*	*7-8*	411
ALONSO, M. and FINN, E. J. - Fundamental University Physics. 2 Vols.; *R. Falciani*	*7-8*	416
ASDELL, S. A. - Patterns of Mammalian Reproduction; *G. Montalenti*	*3-4*	203
ASHBY, W. R. - Design for a Brain. The Origin of Adaptive Behaviour; *M. Nasti*	*11-12*	650
ASIMOV, I. - Understanding Physics. 3 Vols.; *P. Caldirola*	*3-4*	198
AUBOIN, J. - Geosynclines; *A. Debenedetti*	*1-2*	80
BARABASCHI, S. e TASSELLI, R. - Elementi di servomeccanismi e controlli; *V. Tonini*	*5-6*	309
BARRINGTON, B. J. W. - The Biology of Hemichordata and Protochordata; *E. Zavattari*	*1-2*	85
BERKALOFF, A., BOURGUET, J., FAVARD, P. et GUINNEBAULT, M. - Biologie et physiologie cellulaire; *B. Baccetti*	*9-10*	541
BLOKHINTSEV, D. I. - Mécanique quantique et applications à l'étude de la structure de la matière; *M. Rigutti*	*7-8*	421
BOISCHOT, A. - Le Soleil et la Terre; *R. Falciani*	*5-6*	304
BOROWITZ, S. - Fundamentals of Quantum Mechanics; *P. Caldirola*	*7-8*	413
BORTONE, P. F. - P. Matteo Ricci S. J. Il Saggio d'Occidente; *G. Abetti*	*9-10*	542
BOUMANS, P. W. J. - Theory of Spectrochemical Excitation; *V. Lorenzelli*	*9-10*	535
BOUTHOUL, G. - Storia della sociologia; *V. Tonini*	*3-4*	206
BOWEN, R. - Paleotemperature Analysis; *A. Debenedetti*	*5-6*	309
BRAY, R. J. and LOUGHHEAD, R. E. - The Solar Granulation; *G. Abetti*	*7-8*	410
BROWN, F. C. - The Physics of Solids; *P. Caldirola*	*7-8*	415
BUETTNER-JANUSCH, J. - Origins of Man. Physical Anthropology; *G. Montalenti*	*9-10*	538
BURCHER, J. - Les combinaisons optiques. Pratique de calculs; *V. Ronchi*	*7-8*	421
BURCKHARDT, J. J. - Die Bewegungsgruppen der Kristallographie; *A. Debenedetti*	*7-8*	423
BUTTMANN, C. - John Herschel. Labensbild Eines Naturforschers; *G. Abetti*	*5-6*	317
CALLOT, E. - Histoire de la philosophie biologique par les textes; *G. Montalenti*	*7-8*	430
CAMPBELL, B. G. - The Nomenclature of the Hominidae. Including a Definitive List of Named Hominid Taxa; *G. Montalenti*	*3-4*	203

INDEX - VOL. CIII - ANNUS LXII

	Fasc. n.	Page du Texte
CAMPBELL, R. - La cinématique; *G. Calamai*	5-6	303
CAPEK, A., HANC, O. and TADRA, M. - Microbial Transformations of Steroids; *L. Califano*	3-4	204
CHARETTE, J. J. - An Introduction to the Theory of Molecular Structure; *R. Piontelli*	5-6	307
DAVEY, K. G. - Reproduction in the Insects; *E. Zavattari*	1-2	85
DAVIS, J. B. - Petroleum Microbiology; *O. Verona*	1-2	83
DE GALIANA, TH. - A la conquête de l'espace; *R. Falciani*	3-4	197
DE ROBERTIS, E. D. P., NOWINSKI, W. W. e SAEZ, F. A. - Biologia della cellula; *B. Baccetti*	11-12	670
DUFAY, J. - Les comètes; *G. Abetti*	1-2	74
DURAND, M. et FAVARD, P. - La cellule; *B. Baccetti*	9-10	541
FLEURY, P. e MATHIEU, J. P. - Fisica generale e sperimentale. 8 vol.; *G. Calamai* e *G. Godoli*	11-12	651
FUHRMANN, W. - Taschenbuch der allgemeinen und klinischen Humangenetik; *C. Barigozzi*	5-6	313
GALLI, G. M. - Spazio e tempo nella scienza moderna; *G. Abetti*	11-12	649
GAMOW, G. - Trent'anni che sconvolsero la fisica; *A. Natucci*	7-8	419
GEORGE, F. H. - Cybernetics and Biology; *L. Rositani*	11-12	671
GOLDMAN, S. - Laplace Transform Theory and Electrical Transients; *S. D'Agostino*	7-8	415
GOMELLA, C. - La soif du monde et le dessalement des eaux; *A Debenedetti*	5-6	310
GOUDOT-PERROT, A. - Cybernétique et Biologie; *L. Rositani*	9-10	542
GRAY, H. B. and HAIGHT JR., G. P. - Basic Principles of Chemistry; *R. Piontelli*	3-4	200
GRIGOR'EV, D. P. - Ontogeny of Minerals; *A. Debenedetti*	1-2	81
HARNWELL, G. P. and STEPHENS, W. E. - Atomic Physics. An Atomic Description of Physical Phenomena; *R. Piontelli*	1-2	76
HUXLEY, T. - Science and Education; *G. Montalenti*	5-6	317
INGLE, J. C. - The Movement of Beach Sand; *A. Debenedetti*	3-4	201
JAMMER, M. - The Conceptual Development of Quantum Mechanics; *R. Piontelli*	7-8	418
JANCEL, R. and KAHAN, TH. - Electrodynamics of Plasmas; *G. Calamai*	7-8	412
KLEIN, H. A. - Masers and Lasers; *P. Caldirola*	5-6	306
KUDO, R. R. - Protozoology; *G. Montalenti*	11-12	667
KÜHN, A. - Grundriss der allgemeinen Zoologie; *E. Zavattari*	11-12	668
LANCZOS, C. - The Variational Principles of Mechanics; *G. Calamai*	5-6	303
LAVROV, N. V., KOROBOV, V. V. and FILIPPOVA, V. I. - The Thermodynamics of Gasification and Gas-Synthesis Reactions; *R. Piontelli*	1-2	77
LECLERCQ, J. et DAGNELIE, P. - Perspectives de la zoologie européenne; *E. Zavattari*	11-12	669
LEGGET BAILEY, J. - Techniques in Protein Chemistry; *P. Cavallotti*	1-2	78
LEGHISSA, S. - Compendio di citologia e istologia; *M. Vialli*	1-2	83
LEMAIRE, J. - Hypocycloïdes et épicycloïdes; *F. Vollolini*	7-8	410
LIVERHANT, S. E. - Outline of Atomic Physics; *R. Falciani*	7-8	417
LORETI, F. - Compendio di Anatomia sistematica dell'uomo; *R. Amprino*	11-12	663
LOUCKS, T. L. - Augmented Plane Wave Method; *P. Caldirola*	5-6	306
LUCINI, M. - Principios fundamentales de las nuevas mecanicas; *P. Caldirola*	9-10	535
MACDUFFEE, C. C. - An Introduction to Abstract Algebra; *F. Vollolini*	1-2	73
MARK, H. and OLSON, N. TH. - Experiments in Modern Physics; *P. Caldirola*	1-2	76
MARTIN, P. - Applications de l'algèbre et de l'analyse à la géométrie; *F. Vollolini*	5-6	304
MASINI, R. - La Terra vista da un Naturalista; *G. Abetti*	11-12	657
MENNELLA, C. - Il clima d'Italia. Vol. I; *E. Migliorini*	11-12	661
MICHARD, R. - Le Soleil; *R. Falciani*	5-6	304
MÜLLER, A. H. - Lehrbuch der Paläozoologie. Band III; *E. Zavattari*	9-10	539
NAUX, CH. - Histoire des logarithmes, Tome I; *A. Natucci*	1-2	90
NOVAK, V. J. A. - Insect Hormones; *E. Zavattari*	7-8	424
OFFMANN, B. - The Strange Story of the Quantum; *R. Piontelli*	1-2	77
OLBY, R. C. - Origins of Mendelism; *G. Montalenti*	7-8	430
PAPY. - Mathématique moderne. Vol. III; *A. Natucci*	11-12	647
PENROSE, L. S. and SMITH, G. F. - Down's Anomaly; *G. Montalenti*	1-2	86
PIRENNE, M. H. - Vision and the Eye; *M. T. Zoli*	5-6	315
PLEDGE, H. T. - Science Since 1500; *F. Mondella*	5-6	319
POLYA, G. - Vom Lösen mathematischer Aufgaben. Band I-II; *F. Vollolini*	9-10	531
RHODES, A. and FLETCHER, D. L. - Principles of Industrial Microbiology; *O. Verona*	9-10	538
RIEDL, R. - Biologie der Meereshöhlen; *B. Baccetti*	7-8	425
RONCHI, V. - L'optique. Science de la vision; *M. T. Zoli*	1-2	88
RONNER, F. - Systematische Klassification der Massengesteine; *A. Debenedetti*	11-12	658
ROSE, R. M., SHEPARD, L. A. and WULFF, J. - Electronic Properties; *R. Piontelli*	5-6	307
SAAD, M. A. - Thermodynamics for Engineers; *R. Piontelli*	5-6	307
SCHMIDT, E. - Thermodynamics. Principles and Applications to Engineering; *P. Cavallotti*	3-4	199

INDEX - VOL. CIII - ANNUS LXII

	Fasc. n.	Page du Texte
SCHULTZE, H. E. and HEREMANS, J. F. - Molecular Biology of Human Proteins. Vol. I; *L. Califano*	7-8	429
SELVAGGI, F. - La struttura della materia; *G. Calamai*	3-4	199
SHKARIFSKY, I. P., JOHNSTON, T. W. and BACHYNSKI, M. P. - The Particle Kinetics of Plasmas; *G. Calamai*	7-8	412
SINGH, J. - Great Ideas in Information Theory, Language and Cybernetics; *A. Serrai*	3-4	205
SMITH, K. M. - Insect Virology; *B. Baccetti*	5-6	312
SMYTH, J. D. - The Physiology of Trematodes; *G. Montalenti*	11-12	665
SOMMERFELD, A. und BETHE, H. - Elektronentheorie der Metalle; *G. Calamai*	9-10	533
SOUTHWOOD, T. R. E. - Ecological Methods, with Particular Reference to the Study of Insect Populations; *B. Baccetti*	7-8	425
STEIN, M. e VIDICH, A. - Sociologia alla prova; *V. Tonini*	3-4	206
STERN, H. and NANNEY, D. L. - The Biology of Cells; *G. Montalenti*	1-2	87
STOETZEL, J. - Psicologia sociale; *M. Battacchi*	5-6	315
STREHLOW, H. - Magnetische Kernresonanz und chemische Struktur; *V. Lorenzelli*	11-12	657
TOTTON, A. K. assisted by BARGMANN, H. E. - A Synopsis of the Siphonophora; *G. Montalenti*	11-12	667
TRICART, J. - Géomorphologie des régions froides; *A. Sestini*	11-12	662
TWITTY, V. C. - Of Scientists and Salamander; *E. Zavattari*	7-8	425
VAN DER PLAS, L. - The Identification of Detrital Feldspars; *A. Debenedetti*	7-8	423
VERONA, O. - Microbiologia agraria; *L. Califano*	5-6	312
VILLA, M. e collaboratori vari. - Matematica moderna nelle Scuole secondarie superiori; *A. Natucci*	3-4	195
VON BERTALANFFY, L. - Robots, Men and Minds; *R. Canestrari*	9-10	541
WANNIER, G. H. - Statistical Physics; *R. Piontelli*	7-8	418
WEBER, M. - Il metodo delle scienze storico-sociali; *V. Tonini*	1-2	89
WEGENER, A. - The Origin of Continents and Oceans; *A. Sestini*	9-10	536
WEISSKOPF, V. F. - Conoscenza e meraviglia. La descrizione umana del mondo della natura; *G. Abetti*	3-4	208
WESSEL, W. - Elektronenoptische Studien zur Orthologie und experimentellen Pathologie des Kleinhirns der Maus; *M. Mancia*	5-6	313
WHITEHOUSE, H. L. K. - Towards an Understanding of the Mechanism of Heredity; *G. Montalenti*	1-2	87
ZAVARITSKII, A. N. and SOBOLEV, V. S. - The Physicochemical Principles of Igneous Petrology; *A. Debenedetti*	11-12	659

Cronaca - Chronique - Chronicle - Chronik - Cronica

	Fasc. n.	Page du Texte
***. - Associazione degli Africanisti Italiani	3-4	211
***. - Experiments at the New York University; *NYU*	7-8	433
***. - La fusione del più grande specchio telescopico astronomico del mondo; *La Ricerca Industriale*	5-6	323
***. - Le attività spaziali condotte dall'Istituto di ricerca sulle onde elettromagnetiche; *Informazione Scientifica*	9-10	545
***. - Les satellites de communication - Quelques incidences sociales; *Informations Unesco*	1-2	93
***. - Mise en valeur ou détérioration des ressources naturelles; *Informations Unesco*	7-8	434
***. - Osservazioni scientifiche sulle cause e sulla previsione dei terremoti; *Informazione Scientifica*	9-10	546
***. - Un impegnativo impianto di desalinizzazione con distillazione solare; *La Ricerca Industriale*	5-6	322
BÀTH, M. - From Lisbon to the Moon	11-12	673

I-II - 1968

Annus LXII | Vol. CIII, N. DCLXIX-DCLXX | Series VII

"SCIENTIA,,

(RIVISTA DI SCIENZA)

Rivista internazionale di sintesi scientifica – Revue internationale de synthèse scientifique International Review of Scientific Synthesis – Internationale Zeitschrift für wissenschaftliche Synthese – Revista internacional de síntesis científica

INDEX

B. Gal-Or (Israel) - *A Note on Relativistic Thermodynamics and the Concept of Entropy.*

R. F. Grover (U.S.A.) - *The High Altitude Resident of North America.*

G. Doby (Magyarország) - *Photosynthese Bedingung alles Lebens.*

H. Arzeliès (Maroc) - *Le choix du système d'unité est-il un problème scientifique?*

K. M. Colby and **H. Enea** (U.S.A.) - *Inductive Inference by Intelligent Machines.*

W. D. Foster (U. K.) - *Robert Koch and his Contribution to Bacteriology.*

RECENSIONI - COMPTES RENDÙS - BOOK REVIEWS - BUCHBESPRECHUNGEN - ANALISIS DE OBRAS

C. C. MacDuffee. - *An Introduction to Abstract Algebra* (**F. Voltolini**). — ***. - *Colloquium on Late-Type Stars.* — J. Dufay. - *Les comètes* (**G. Abetti**). — ***. - *Proceedings of a Symposium on High Latitude Particles and the Ionosphere* (**G. Calamai**). — ***. - *Reattori di potenza nel mondo.* — H. Mark and N. Th. Olson. - *Experiments in Modern Physics* (**P. Caldirola**). — ***. - *The Development of High-Energy Accelerators.* — G. P. Harnwell and W. E. Stephens. - *Atomic Physics. An Atomic Description of Physical Phenomena.* — N. V. Lavrov, V. V. Korobov and V. I. Filippova. - *The Thermodynamics of Gasification and Gas-Synthesis Reactions.* — B. Offmann. - *The Strange Story of the Quantum* (**R. Piontelli**). — ***. - *The Amino Sugars. The Chemistry and Biology of Compounds Containing Amino Sugars* (**L. Califano**). — J. Legget Bailey. - *Techniques in Protein Chemistry* (**P. Cavallotti**). — ***. - *Ocean Sciences* (**G. Aliverti**). — ***. - *Methods in Palaeomagnetism* (**P. Caloi**). — J. Auboin. - *Geosynclines.* — D. P. Grigor'ev. - *Ontogeny of Minerals.* — ***. - *Growth of Crystals* (**A. Debenedetti**). — J. B. Davis. - *Petroleum Microbiology* (**O. Verona**). — S. Leghissa. - *Compendio di citologia e istologia* (**M. Vialli**). — ***. - *Discovery Reports. The Distribution and Life-History of Salpa Thompsoni Foxton with Observations on a Related Species, Salpa Gerlachei Foxton.* — ***. - *Discovery Reports. The Distribution and Life-History of Calanoides acutus (Giesbrecht).* — ***. - *Discovery Reports. The Distribution of Parathemisto Gaudichaudii (Guér), with Observations on its Life-History in the O° to 20° E Sector of the Southern Ocean.* — K. G. Davey. - *Reproduction in the Insects.* — B. J. W. Barrington. - *The Biology of Hemichordata and Protochordata* (**E. Zavattari**). — L. S. Penrose and G. F. Smith. - *Down's Anomaly.* — H. Stern and D. L. Nanney. - *The Biology of Cells.* —

(Voir au dos)

CRONACA - CHRONIQUE - CHRONICLE - CHRONIK - CRONICA

Les satellites de communication - Quelques incidences sociales.

H. L. K. WHITEHOUSE. - *Towards an Understanding of the Mechanism of Heredity* **(G. Montalenti).** — V. RONCHI. - *L'optique. Science de la vision* **(M. T. Zoli).** — M. WEBER. - *Il metodo delle scienze storico-sociali* **(V. Tonini).** — ***. - *Lexikon der kybernetischen Pädagogik und der programmierten Instruktion* **(A. Serrai).** — CH. NAUX. - *Histoire des logarithmes* **(A. Natucci).**

È assolutamente vietata la riproduzione e traduzione degli articoli di questa Rivista.
La reproduction et la traduction des travaux publiés dans cette Revue sont interdites.

A NOTE ON RELATIVISTIC THERMODYNAMICS AND THE CONCEPT OF ENTROPY

A heuristic attempt is made to incorporate the philosophical principles of thermodynamics into the framework of general relativity and geometrodynamics. Alternative interpretations of « entropy growth » in terms of space-dynamics are made. It follows that an irreversible phenomenon is a dynamic entity of curved empty space which evolves through time and is intimately connected with the expansion of the universe. Thus, every change in the distribution of energy and matter creates a gravitational effect which is irreversible as far as the universe is expanding. While the proposed theory is mainly speculative it does nevertheless succeed in resolving some of the serious philosophical problems involved in a purely classical approach. The paradox of the arrow of time and the second law of thermodynamics become integral results of space dynamics guided by Einstein's postulates. Further evaluation of the new approach presented here, including the paradox of the arrow of time, the zeroth, second and third laws of thermodynamics as well as problems in non-equilibrium thermodynamics and thermal equilibrium in gravitational field are available in Reference [4].

Statistical and thermodynamical ideas require that the « entropy of any isolated macroscopic system will never decrease »; so, one must merely look at a macroscopic system at two instants of time and determine at which the entropy is greater. That will be the later instant, pointing out which way time is advancing. One can then sense the arrow of time. In this way one shows that the world is, in fact, unsymmetrical with respect to past and future. However, it is a remarkable fact that all other laws of physics have been found to be quite symmetrical with respect to the sense of time. At this point, one can argue the correctness of this thermodynamic conclusion and ask whether it is possible to find an alternative explanation for the entropy growth and the arrow of time without statistics and classical thermodynamics.

To judge whether or not a system that one observes does or does not reveal the growth of entropy and the arrow of time one may examine first the large scale motion of the universe. Gold [2] has recently pointed out that the expansion of the entire universe is responsible, in fact, for times' arrow (i.e. for the entropy growth). Thus a picture of the world lines of galaxies can reveal the arrow of time, namely, the sense in which the world lines are diverging. As one goes to a smaller system, this divergence is, for most purposes, quite negligible, and it is thus, according to Gold, not the local effects of the universal expansion law that make themselves felt. But it is the electromagnetic radiation that brings the effects of the universal expansion down to a small thermodynamic scale. All kinds of radiation exist everywhere and in almost all the time expanding into the depth of space. It is well known that in a static universe, thermodynamic equilibrium pre-

vails and one reaches Olber's paradox according to which the night sky should be intensely brilliant. This is avoided in an *expanding* universe because the light from distant sources is greatly weakened by the red shift. This sink of radiation in the depth of space is entirely due to the expansion. Therefore, one may expect the expansion of the universe to be most intimately connected with all irreversible processes down to the smallest scale of any thermodynamic system. Hence, a local observer might, in fact, deduce the expansion of the universe from an observations of small scale effects in his immediate neighborhood. Evidently, cosmological observations point out that the universe is expanding and not contracting. Does this mean that a phase of contraction will not follow the present expansion?

Various theories of space-time and gravitation that have so far been proposed provide us with a multiplicity of cosmological models and possibilities for the history of the universe. Needless to say, not more than one of these models can be correct. Owing to the uncertainty of observations, it is not yet possible to decide which model is the correct one. One is then led to take into account a class of relativistic cosmological models which oscillate, that is to say that a phase of contraction follows the expansion and vice versa. It is on this basis (that an oscillating universe may exist) that one should ask a question on the unsymmetrical macroscopic phenomena with respect to time. Furthermore, one should expect also from any fundamental thermodynamic theory to incorporate the present expansion of the universe into its fundamental principles. One is then led to the general conclusion that thermodynamics, cosmology and (most likely) the general theory of relativity are intimately related to each other.[1] It is on this basis that one should base his interpretations on the physical meaning of entropy growth. Here Tolman [1] has obtained some basic principles. Applying the case of a perfect fluid in non-static homogeneous models Tolman derived for the domain of adiabatic expansion or contraction the following equations:

$$\frac{d}{dt}\,(S_{oo}\delta V_o) + p_o\,\frac{d}{dt}\,(\delta V_o) = 0 \tag{1}$$

Here the perfect fluid is defined by

$$T_o^{11} = T_o^{22} = T_o^{33} = p_o \tag{2}$$

$$T_o^{44} = S_{oo} \tag{3}$$

$$T_o^{\alpha\beta} = 0\ ,\ \alpha \neq \beta \tag{4}$$

which are the components of the energy-momentum tensor $T_o^{\alpha\beta}$ in proper coordinates, i.e. as measured by a local observer when the me-

[1] There may be a word in place here on the validity of Einstein's theory of gravitation. In spite of the immense literature available on various theories of gravitation, Einstein's general theory of relativity is among the only two types of theories that have passed all the observational tests to their present accuracies [3]. The second theory is the tensor-scalar theory which many object to be even considered as an alternative to Einstein's theory.

tric tensor (or gravitational potential) assume the Galilean coordinates of « flat » space-time. S_{oo} is the proper macroscopic density of energy and p_o is the proper hydrostatic pressure which could be directly measured by a local observer at rest in the fluid who examines in his immediate neighborhood a small element of fluid δv_o (the proper coordinates are so chosen that some particular observer with his measuring instruments, or some particular thing such as a given particle of matter, will be at least momentarily at rest with respect to the spatial axes). With positive pressure throughout, equation [1] leads to possibilities for isolated systems in which the proper total energy ($S_{oo}\ \delta v^o$) of *every* element of fluid is decreasing when the system is expanding or increasing when the system is contracting. One expects also, as a result of the principle of equivalence, some similar familiar findings in the case of local observer who measures the electrodynamic or thermodynamic behavior of a small element of ideal fluid in his immediate neighborhood. It should be noted, however, that in the theory of general relativity, proper coordinates may lead to such simple relations only in the immediate neighborhood of a selected point. Hence, one cannot expect that the energy-momentum tensor in its special relativity form would hold in general relativity over a region of finite size. However, equation [1] can evidently be applied to *each* one of *all* the elements into which the total fluid of a *finite* system would be divided [1].

More important is that equation (1) demonstrates that in this case the principle of energy conservation can only be made to apply by introducing a quantity (in terms of Einstein's pseudo tensor density) to represent the potential energy of the gravitational field. If this equation is applied to a conventional thermodynamic system (which may be assumed to be infinitesimally small compared to the large scale of the expanding universe) a local observer finds that the total proper energy of every element of this ideal fluid is decreasing when the fluid is expanding without flow of energy from one portion of the fluid to another. Therefore, the principle of energy conservation requires that the quantity representing the potential energy of the gravitational field be *increasing*. To be convenient in further discussions one may refer to the last quantity as « gravitropy ». So one hopes that a local observer must merely measure the gravitropy in his immediate neighborhood at two instants of time and determine whether such an ideal universe is expanding or contracting. This concept does not reveal the arrow ot time since equation (1) allows time reversal without changing the results. Consequently, the behavior of gravitropy is symmetric with respect to time. However, as far as the universe is expanding the gravitropy of each volume element should only increase. Hence, *this phenomenon of « irreversibility » should not be considered as a paradox to the symmetrical laws of dynamics.*

Unfortunately one cannot proceed now to real systems since general solutions of Einstein's field equations for all coordinates, real fluids and any expansion in an isolated finite macroscopic system are not yet available. One can assume, however, that the local gravitropy increases in the actual expanding universe in a similar way to the ideal case and that the change in proper total energy is approximated by equation [1] as one goes to the above specified limit. Since this assumption is based on general relativistic ideas it is expected to hold in all regions of space where general relativity has received a number of experimental verifications.

From the general relativistic point of view a change in gravitropy (or the gravitational field and of the energy related to it) reveals itself in a change of the local curvature of spacetime continuum. A three-dimensional analogy[1] to the increase in gravitropy in an expanding universe may be demonstrated by comparing the evolving gravitation (or geometry) of a thermodynamic system with that of an ocean wave. A two-dimensional surface of an ocean can be conceived as a space-like two-dimensional hypersurface of a given thermodynamic system. Let the vertical « up » direction represent the direction in which time runs. The wave which evolves on the ocean surface is moving and while it moves its curvature increases until finally it develops a crest (a zone of apparently infinite curvature) at which point it breaks up into many small droplets. Similarly, when an isolated thermodynamic system which is only slightly curved evolves through the positive time direction in accordance with Einstein's equations, like the wave, it too develops highly *localized* regions of increasing curvature (or increasing gravitropy). This analogy rules out the possibility for reversing the evolution of the wave as far as the universe is expanding. As another analogy one may take the phenomenon of disintegration into droplets of a liquid jet emitted from a vessel (an isolated system) in empty space.

A tendency to increase local gravitropy in an expanding universe may be considered as the driving potential for all local irreversible phenomena taking place in a thermodynamic system. Accordingly, an isolated system[2] in an expanding universe cannot be in equilibrium state if there exist neighboring states in the process of change that may have higher values of gravitropy, i.e. no further change is possible if gravitropy reaches a maximum.

The last conclusion can be demonstrated again by equation [1] in the case of adiabatic expansion of ideal fluid, near the origin of

[1] The evolution in a 4-dimensional space-time *depends* on *initial* information. Only if one specifies how 3-dimensional space is embedded in a 4-dimensional space-time (by specifying both the *initial* 3-dimensional space-like « surface » and the curvature of this space-like « surface ») he can predict the evolution of the 3-dimensional geometry through time.

[2] Entropy as well as gravitropy are properties of the entire ensemble. One cannot localize them unless the assumption is made that infinitely small elements of volume still contain a very great number of molecules (i.e. one still considers here the macroscopic properties). This assumption is essential only when one formulates differential equations which describe the behavior of entropy in terms of its gravitational analog—the gravitropy. (cf. Ref. 4).

proper coordinates. Under mechanical equilibrium in an isolated system one obtains

$$\frac{d}{dt}(\delta V_o) = 0 \tag{5}$$

It follows that at mechanical equilibrium in an isolated system

$$\frac{dG_o}{dt} = 0 \tag{6}$$

where G_o represents the local gravitropy.

Consequently, the growth law of local gravitropy follows as an integral part of the general relativistic conservation law (known as the general relativistic analog of the first law of thermodynamics [1].

Gravitational energy, however, is quite different from the nature of all other forms of energy. The presence of energy and mass are the sources of a gravitational field which is identical with the curvature of space-time. To avoid the effect of gravitational field one may remove himself far away from the masses producing it. Therefore, one can expect a conservation equation to hold only if the system is completely isolated. Unfortunately, a thermodynamic system of accelerating masses (i.e. particles, molecules, etc.) can never be completely isolated since it radiates electromagnetic and gravitational waves. In other words, *every* change in the *distribution of matter* (i.e. particles, etc.) inside and outside a thermodynamic system) produces a *gravitational effect* which *changes the local gravitropy*. The analogy with the behabior of entropy is now quite clear. But only in regard to the growth law of entropy. Here one must first point out the difference between the energy-mass-gravitation-space-time units of gravitropy and the conventional interpretations of entropy given in statistical and thermodynamical textbooks. According to Einstein's field equations the curvature of space-time continuum is zero in empty space at great distances from gravitational bodies. Only under this condition gravitropy, which is a measure of the local space-time curvature, vanishes. Actually, there is no region in the universe where the gravitational field is completely absent. Hence, G_o can only approach a zero value in the depth of internebular space. Indeed, the mere presence of physical measuring devices would be accompanied by irreducible gravitropy.

At this point one may argue the logic of the present interpretation. To judge this argument one should, however, realize first that all our observations and theories of natural phenomena are steadily converging into a more unified science. The present separation of thermodynamics and quantum physics from the general theory of relativity breaks science up into disjointed channels. However, many physicists believe that the period of separation of general relativity from quantum physics is coming now to an end. They think that the general theory

of relativity ought to be employed as a framework for the future quantum theory. After many unsuccessful attempts to unify gravitation and electromagnetic field by a generalization of Einstein's field equations (the so-called unified field theories) physicists have developed a new branch of general theory of relativity, geometrodynamics. This development shows that the amazing wealth contained in Einstein's field equations already have sufficient room to accommodate the electromagnetic field and charge. According to these developments, physical properties such as charge correspond to the geometrical concepts of multiple connectedness and other topological properties of curved empty space. It follows that curved empty space is a dynamic entity which must evolve through time. Guided by Einstein's field equations empty space evolves into regions of intense curvature 20 orders of magnitude smaller than elementary nuclear particles. Bunched together, these regions of intense curvature (the socalled « warmholes ») may be what elementary particles are. It is now fifty years since Einstein solved in principle the basic ideas of space dynamics and perhaps it is time to look also for a possibility to incorporate thermodynamics fully into the framework of the general theory of relativity. It is on this general tendency of a more unified approach to thermodynamics that one should ask the question on the *existence* of entropy as an independent parameter inconsistent with Einstein's field equations which show, in principle, how gravitation, electromagneticism, and maybe matter (i.e. the entire universe or any part of it) can be built of evolving curved empty space.

Pittsburgh, University of Pittsburgh and Haifa, Technion-Israel Institute of Technology.

B. GAL-OR

REFERENCES

[1] TOLMAN R. L. - *Relativity Thermodynamics and Cosmology*. Oxford 1934.
[2] GOLD T. - *Recent Developments in General Relativity*. Pergamon Press, p. 225, N.Y. 1962.
[3] DICKE R. H. - *Physics Today, 20*, (1) 1967.
[4] GAL-OR, B. - *A Gravitational Thermodynamic Theory*. Fifth Technical Meeting, « Engineering Science in Space », of the Society of Engineering Science, October 30-November 1, 67, Huntsville, Alabama. (A bound volume is available).

THE HIGH ALTITUDE RESIDENT OF NORTH AMERICA

Because the Leadville residents have been at high altitude for only a few generations, the incidence of adverse reactions to hypoxia is relatively high (hypoventilation, polycythemia, severe pulmonary hypertension, pulmonary edema). Insufficient time has elapsed for « natural selection » to remove from the population those persons who do not adapt well. This is in contrast to the Andean populations where those persons unable to adapt have been eliminated. The result there is a highly select population which probably displays much less individual variability than is seen at sea level. Therefore, in studying the Leadville population, one may expect to find some individuals who have adapted to high altitude fully as well as the average Andean native, but one will also find many persons who are not so well adapted.

In the Andes of South America, man has lived at high altitudes since prehistoric times. Through many generations, an Indian population has evolved which undoubtedly represents the most complete acclimatization to the environment of high altitude which man can achieve. These remarkable people are of special interest, and our understanding of them today is largely a result of the efforts of the Institute of Andean Biology established in Peru by Dr. Carlos Monge.

The high mountain regions of the world have also been visited by men from sea level. Their motives have been diverse: a quest for gold, acquisition of more territory, the challenge of lofty peaks, and man's insatiable curiosity about himself and his reaction to a strange environment. Numerous expeditions with combined physiological and mountaineering objectives have contributed much to our knowledge of how man from sea level adapts to high altitude over a period of days, weeks or months.

Between these extremes — the Andean native and the newcomer — there is the individual with an intermediate degree of adaptation to high altitude. He is the man of European ancestry lacking any racial or genetic elements of acclimatization which the man of the Andes may inherit. He has lived at high altitude for many years, perhaps all his life, but his parents or grandparents came from low altitude. Such individuals are found in North America in only one locality. This is the city of Leadville, Colorado, U.S.A., with a population of over 8000 residing at 3100 meters altitude. However, 2500 men work daily above 3500 m as employees of the Climax Molybdenum mine. The community was founded about 100 years ago when rich deposits of gold and silver were discovered. Hence, the oldest families in Leadville have been at high altitude for only 4 generations. Residents

of this community therefore illustrate man's ability to acquire prolonged adaptation to an environment of moderately high altitude. Various aspects of this adaptation process have been investigated in the High Altitude Research Laboratory established in Leadville in 1964 by Dr. Grover in the local St. Vincent's Hospital.

1. - Reduction in Working Capacity at High Altitude. — At 3100 m altitude, the atmospheric pressure is 530 mmHg, and hence the air is only 2/3 as dense as at sea level. Man living at this altitude is exposed to a significant degree of chronic hypoxia, the alveolar oxygen pressure ($P_A O_2$) being only 65 mmHg compared with 110 mmHg at sea level. This lowering of the oxygen « pressure head » taxes the oxygen transport mechanisms of the body and reduces the maximum amount of oxygen which can be consumed per minute ($\dot{V}O_2$ max). Man's capacity for aerobic work is therefore reduced also. Pugh et al. [33] and Margaria and Cerretelli [27] have reviewed the relationship between $\dot{V}O_2$ max and altitude. They concluded that when man from sea level ascends to 3100 m, his $\dot{V}O_2$ max is reduced about 20% even after adaptation. Recent studies of top athletes [36] indicated that the reduction in their $\dot{V}O_2$ max is even greater than for men of average ability. Grover and Reeves [14] found a 26% reduction in the $\dot{V}O_2$ max of 5 young athletes from low altitude taken to 3100 m. These same workers also demonstrated [15] that 5 young men native to 3100 m, and with exceptional capacity for exercise, had an average $\dot{V}O_2$ max 29% less than at low altitude in spite of acclimatization from birth. This indicates that when men of similar physical ability are compared, high altitude reduces $\dot{V}O_2$ max fully as much in the Leadville native as in the newcomer.

Since the well-conditioned resident of high altitude in Leadville is apparently not superior to the young athlete from sea level, one wonders if the Andean native is superior to the man of comparable physical condition from low altitude. When Hurtado et al. [23] studied residents of Morococha, Peru, at 4540 m, they found the $\dot{V}O_2$ max to be 39 ml/kg/min; this was confirmed by the values of 36 and 41 ml/kg/min reported by Balke [2] and Elsner et al. [7] respectively. Young men from sea level in good physical condition (mountain climbers), when adapted to 4500 m, were able to equal the performance of those natives [2, 7] with values of $\dot{V}O_2$ max of 36-40 ml/kg/min. Since $\dot{V}O_2$ max at 4540 m is 40% less than at sea level, then the Andean native would have a $\dot{V}O_2$ max of about 60 ml/kg/min if he were to descend to low altitude. This indicates that the Andean natives whose treadmill performance have been reported in the literature have been men with the high working capacity seen only in athletes at sea level. In other words, the Andean native working in his normal high altitude

environment will out-perform the « average man » from sea level, but he will not be physically superior to the well conditioned athlete from low altitude. Monge recognized this when he wrote that « athleticism must be the norm for the survival of man in the high altitudes » [30].

2. - Pulmonary Ventilation During Exercise. — An examination of the ventilatory response to exercise provides insight into the regulation of respiration at high altitude. As man exercises at

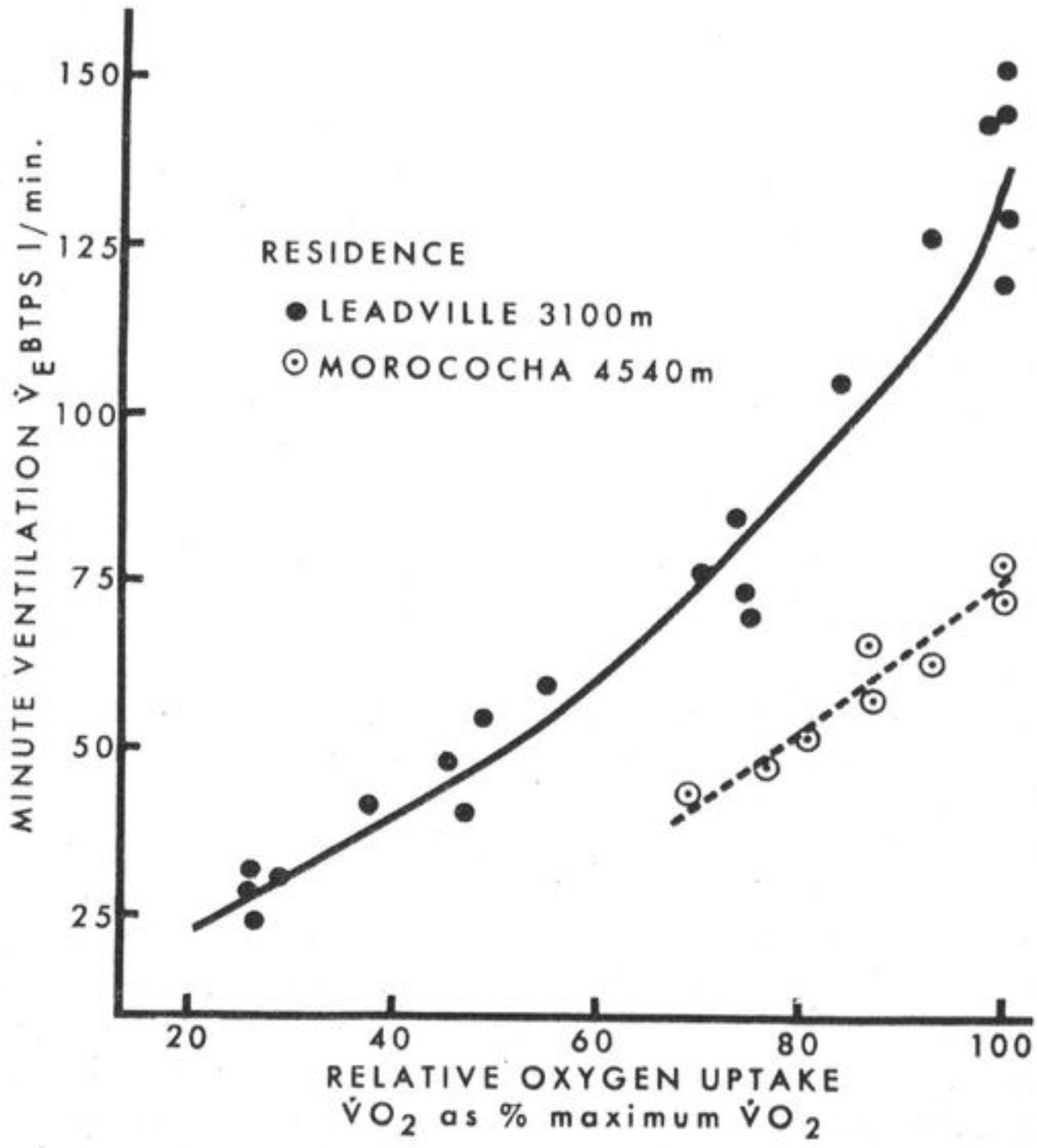


Figure 1

When men from sea level ascend to high altitude, minute ventilation during exercise bears a constant relationship to relative oxygen uptake (VO_2/VO_2 max), solid line. The same pattern of ventilation is seen in young men native to 3100 m (Leadville), solid dots. However, men native to 4540 m (Morococha), open circles, display marked hypoventilation. (Reproduced by permission of the Journal of Applied Physiology, ref. 15).

Lorsque des hommes du niveau de la mer montent à haute altitude, la ventilation par minute pendant l'exercice montre un rapport constant avec la fixation relative d'oxygène (VO_2/VO_2 ma), ligne solide. On observe le même diagramme de ventilation chez des hommes jeunes natifs de 3100 m (Leadville), points solides. Cependant, les hommes natifs de 4540 m (Morococha), cercles ouverts, manifestent une hypoventilation marquée. (Reproduite avec la permission du Journal of Applied Physiology, réf. 15).

increasingly heavy work loads, ventilation ($\dot{V}_E$ BTPS) increases in proportion to the increase in oxygen uptake ($\dot{V}O_2$). At altitudes above sea level, a given $\dot{V}O_2$ is associated with a greater $\dot{V}_E$ BTPS, and $\dot{V}O_2$ max decreases. Reeves, Grover, and Cohn [34] have examined these inter-relationships and found that if $\dot{V}O_2$ is considered not in absolute terms but rather as a percent of $\dot{V}O_2$ max, then $\dot{V}_E$ BTPS bears a constant relationship to $\dot{V}O_2/\dot{V}O_2$ max at all altitudes for men native to low altitude. This means that a given work load is sensed in terms of working capacity for that altitude, and ventilation is regulated accordingly.

The ventilatory response to exercise at 3100 m was examined in 5 well trained young men native to Leadville by Grover et al. [15]. The pattern of response was exactly the same as seen in newcomers from low altitude (Fig. 1). However, when Grover [8] studied older and less well conditioned Leadville residents exercising at 3500 m, hypoventilation was demonstrated. Our understanding of respiratory regulation in the Leadville population is obviously incomplete at present.

Balke [2] observed that during exercise at 4540 m, for a given $\dot{V}O_2$ the Andean native had a much lower $\dot{V}_E$ BTPS than the newcomer. Using the data of Balke [2] and of Hurtado et al. [23], $\dot{V}_E$ BTPS was related to $\dot{V}O_2/\dot{V}O_2$ max (Fig. 1), and it appears that the Morococha native does indeed hypoventilate. Lahiri and Milledge [25, 29] studied Sherpas residing at 4880 m altitude in India and compared them with newcomers adapted to the same altitude. During exercise, for a given absolute $\dot{V}O_2$, ventilation was less in the Sherpas, and this was interpreted as relative hypoventilation. However, the Sherpas had a greater $\dot{V}O_2$ max than the newcomers. Hence, when $\dot{V}_E$ BTPS was related to $\dot{V}O_2/\dot{V}O_2$ max, the Sherpas were not different from the newcomers.

Hypoventilation during exercise in the high altitude resident could be related to a decreased hypoxic respiratory drive. Carotid chemoreceptor sensitivity has been examined, and in both Andean natives [37] and Sherpas [25, 29] the ventilatory response to increased alveolar hypoxia was subnormal although the response to hypercapnia was normal. We have also examined chemoreceptor sensitivity in the Leadville residents [17]. Even though they live at the more modest altitude of 3100 m, the ventilatory response to hypoxia is much less than in sea level residents. This subnormal response is seen not only in natives but also in people from low altitude who have lived at 3100 m for a number of years. We believe, therefore, that this subnormal response to hypoxia is an acquired trait and not inherited. Since the ventilatory responses to hypoxia and to exercise have not been compared in the same individuals, their interdependence remains to be determined.

3. - Pulmonary Diffusing Capacity: — An inherent property of the lung is its capacity to oxygenate blood. Oxygen passes from alveolar gas to pulmonary capillary blood by virtue of the difference in oxygen pressure between air and blood. This diffusion of gas is restricted by the tissues separating blood from air, the so-called «alveolar-capillary membrane», (although it is clearly established that the diffusion of oxygen begins well proximal to the true capillaries [24]). During exercise at sea level, systemic venous blood returns to the lung with a low oxygen tension. Since $P_A O_2$ is high, the difference in oxygen pressure from air to blood is large, which favors rapid diffus-

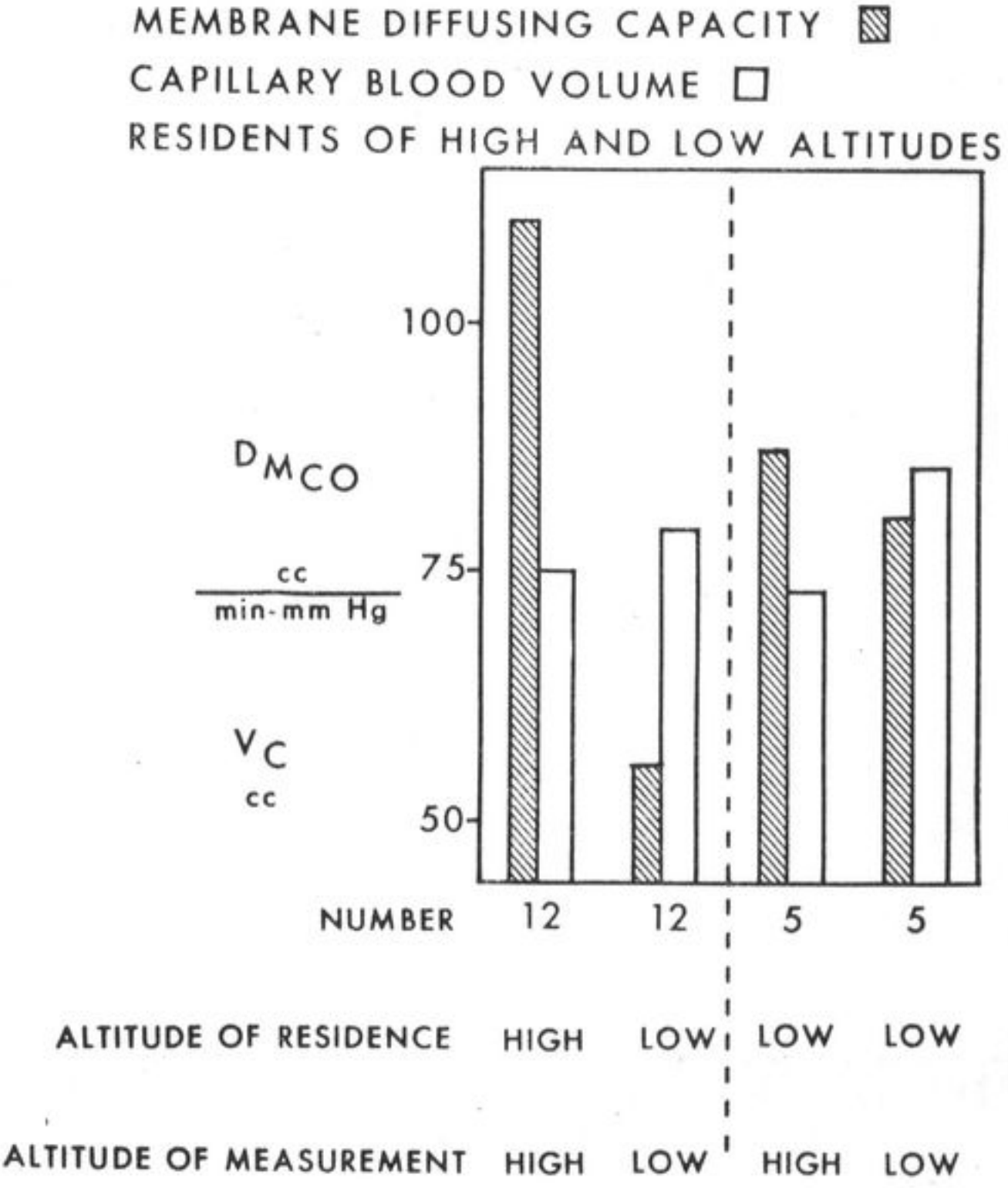


Figure 2

Pulmonary capillary blood volume, V_c, and the membrane component, D_M, of pulmonary diffusing capacity. Comparing 12 residents of high altitude with 12 low altitude residents, D_M was twice as great in the high altitude group (left half of figure). However, when 5 other low altitude residents spent 6 weeks at high altitude, there was no increase in either D_M or V_c (right half of figure). (Reproduced by permission of S. Karger, Basel/New York, ref. 10).

Le volume sanguin des capillaires pulmonaires, V_c, et la composante membraneuse, D_M, de la capacité de diffusion pulmonaire. En comparant 12 habitants de haute altitude avec 12 habitants de faible altitude, D_M s'est révélé être deux fois plus grand dans le groupe de haute altitude (moitié gauche de la figure). Cependant, lorsque 5 autres habitants de faible altitude passèrent 6 semaines en haute altitude, il n'y aut aucune augmentation ni dans la D_M ni dans V_c (moitié droite de la figure). (Reproduite avec la permission de S. Karger, Basel/New York, réf. 10).

ion. At high altitude, however, $P_A O_2$ is markedly reduced, so that the pressure difference from air to blood is less, thereby limiting diffusion.

If the pulmonary diffusing capacity were to increase at high altitude, then more oxygen would diffuse per minute with a given oxygen pressure difference. This would appear to be a useful adaptation to high altitude. To test this hypothesis, we have measured the pulmonary capillary blood volume (V_c) and the membrane component (D_M) of the pulmonary diffusing capacity in Leadville residents and in a comparable group of people at sea level (6). D_M was greater in the altitude residents, whereas V_c was the same in both groups (Fig. 2). When 5 other sea level residents were studied at both low and high altitude, there was no change in either D_M or V_c. West [42] also found no change in D_M during several months at 5800 m. We

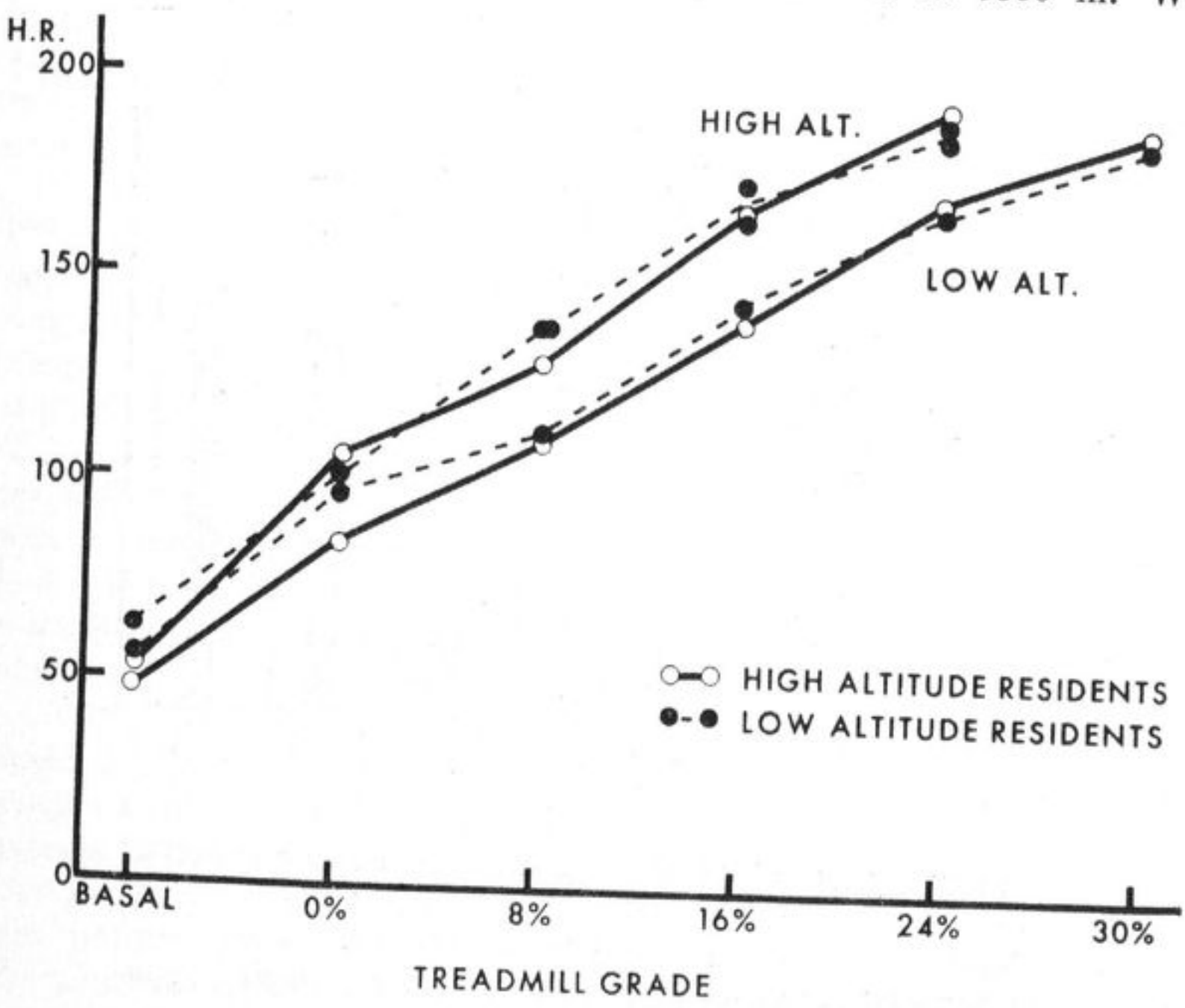


Figure 3

Heart rate in the basal state and during treadmill exercise at 4.8 Km per hr. with grades from 0% to 30%. Each open circle is the average value for a group of 5 high altitude residents (3100 m). Each solid dot is the average value for 5 low altitude residents (300 m). Both groups display the same increase in heart rate for a given work load at high altitude. (Reproduced by permission of the Journal of Applied Physiology, ref. 15).

Rythme cardiaque dans l'état de base et durant l'exercice d'entraînement à 4,8 km/heure avec des degrés de 0% à 30%. Chaque cercle ouvert est la valeur moyenne pour un groupe de 5 habitants des hautes altitudes (3100 m). Chaque point solide est la valeur moyenne pour 5 habitants de basse altitude (300 m). Les deux groupes montrent la même augmentation du rythme cardiaque pour un effort donné en haute altitude. (Reproduite avec la permission du Journal of Applied Physiology, réf. 15).

may conclude from these observations that the Leadville resident has adapted to high altitude through a significant increase in D_M, a change not seen in newcomers. Whether or not this adaptive change has occurred in Andean natives remains to be determined.

4. - CARDIAC OUTPUT: — Cardiac output, the volume of blood pumped by the heart per minute, is determined by the cardiac stroke

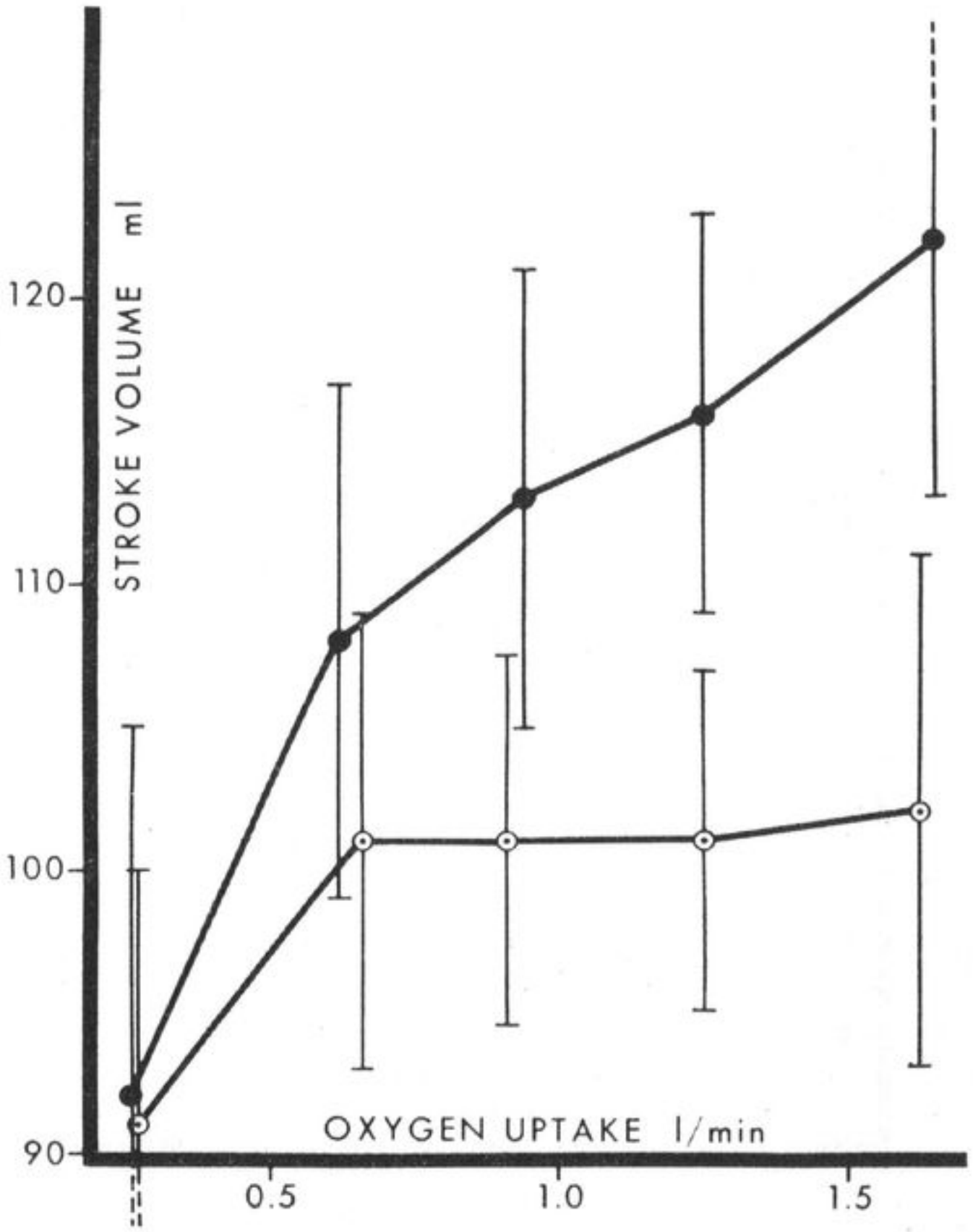


Figure 4

Cardiac stroke volume in man at rest and during supine exercise. Each point represents the average stroke volume for 8 sea level residents; vertical bars indicate SEM. Measurements were made first at sea level (solid dots, •), and again 10 days after ascent to 3100 m altitude (open circles, 0). Stroke volume was decreased significantly during exercise at high altitude. (Reproduced by permission of the Journal of Applied Physiology, ref. 1).

Volume du battement cardiaque chez l'homme au repos et durant l'exercice sur le dos. Chaque point représente le volume de battement moyen pour 8 résidants du niveau de la mer; les barres verticales indiquent la SEM. Les mesures ont été faites d'abord au niveau de la mer (points pleins, •), et de nouveau 10 jours après l'ascension à 3100 m d'altitude (cercles ouverts, 0). Le volume de battement était diminué de façon significative durant l'effort à haute altitude. (Reproduite avec la permission du Journal of Applied Physiology, réf. 1).

volume (SV) and the heart rate (HR). Both of these factors are modified by age, sex, body size, physical conditioning, anxiety, fatigue, etc., and also by altitude. To evaluate the role of altitude alone, one must either study the same individual at two different altitudes, or compare two groups of individuals who are very similar in all respects except altitude of residence.

Both techniques were employed in a recent study by Grover and

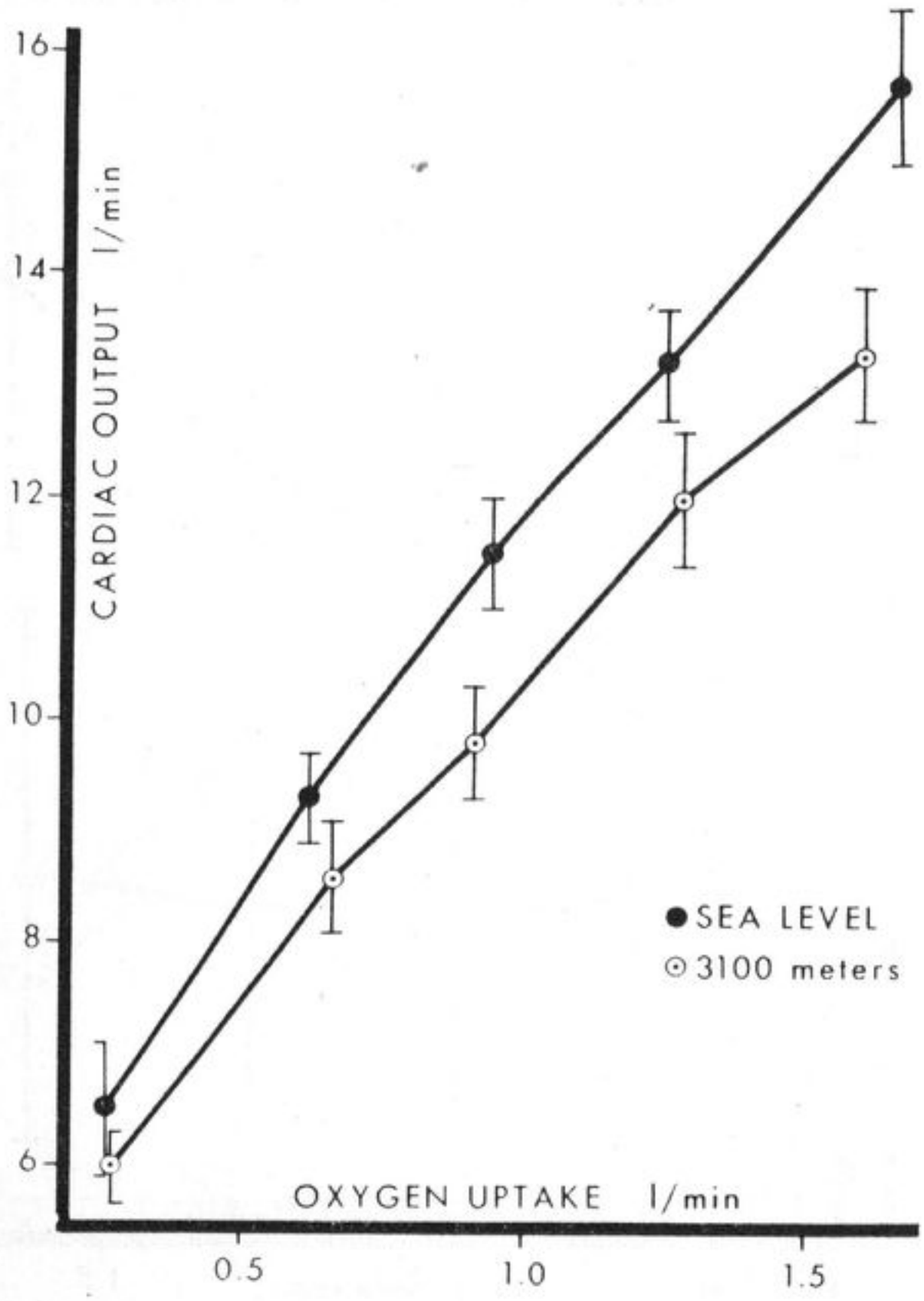


Figure 5

Cardiac output in man at rest and during supine exercise. Each point represents the average cardiac output for 8 sea level residents; vertical bars indicate SEM. Measurements were made first at sea level (solid dots, •), and again 10 days after ascent to 3100 m altitude (open circles, 0). For each level of oxygen uptake, cardiac output was consistently less at high altitude, the decrease being 2 liters per minute at the greatest work load. (Reproduced by permission of the Journal of Applied Physiology, ref. 1).

Débit cardiaque chez l'homme au repos et durant l'exercice sur le dos. Chaque point représente le débit cardiaque moyen pour 8 résidants du niveau de la mer (points pleins, •), et de nouveau 10 jours après l'ascension à 3100 m d'altitude (cercles ouverts, 0). Pour chaque niveau de fixation d'oxygène, le débit cardiaque était conséquemment moindre à haute altitude, la baisse étant de 2 litres par minute pour l'effort le plus élevé. (Reproduite avec la permission du Journal of Applied Physiology, réf. 1).

Reeves [15, 34] in which 5 young male athletes native to Leadville were compared with 5 male athletes of similar exercise capacity and anthropometric characteristics residing at low altitude. Each group was studied at both 300 m and 3100 m altitude at metabolic rates ranging from the basal state to maximal exertion (Fig. 3). For a given work load, HR was greater at high altitude. Maximum HR was not depressed at 3100 m altitude, but was reached at a significantly lower work load. This pattern of response to change in altitude was seen in each individual. It was impressive that high altitude increased the heart rate to the same degree in the Leadville natives as in the newcomers [15].

In a subsequent study, Grover and his associates [1, 16] evaluated the effect of a change in altitude on cardiac output and SV in the same individuals at both 3100 m and sea level. The subjects were 10 men who had resided at 3100 m for over 3 years (4 since birth), and 8 men from low altitude. Cardiac output was determined by the direct Fick method for oxygen during steady-state, submaximal supine exercise. SV was calculated from cardiac output divided by HR. Measurements were made first at the subject's normal altitude of residence, and then repeated 10 days after changing altitude. At high altitude, SV was 15% less than at sea level (Fig. 4). This was not offset by a higher HR. Hence, cardiac output for a given oxygen uptake was significantly reduced at altitude by as much as 2 liters/min. (Fig. 5). This pattern of change was found in nearly every individual, whether he was born at 3100 m or had been there only 10 days.

The basis for the reduction in SV is not apparent. There was no increase in SV during exercise when hypoxia was relieved by elevating $P_a O_2$ from 65 to 120 mmHg through the administration of 33% O_2 for 30 minutes. Neither was SV restored to sea level values by plasma volume expansion with 500 ml dextran. Probably myocardial contractility is reduced. Undoubtedly this decrease in SV contributes significantly to the reduction in exercise capacity at 3100 m altitude. The value of studying the same individual at both high and low altitude is evident, for this effect of chronic hypoxia on myocardial function (SV) is not apparent when sea level residents were compared with a separate group of individuals living either in Leadville [8] or Morococha [3].

5. - POLYCYTHEMIA. — Hemoglobin concentration determines the oxygen carrying capacity of the blood. However, the actual volume of oxygen contained in a given volume of blood is dependent upon the extent to which this hemoglobin is saturated. Upon ascent to high altitude, the atmospheric hypoxia produces a fall in arterial oxygen saturation ($S_a O_2$) and consequently the arterial blood oxygen

content will be reduced. An increase in hemoglobin concentration will tend to offset the fall in $S_a O_2$. This relationship between decreasing $S_a O_2$ and increasing hemoglobin has been described by Hurtado, Merino and Delgado [22], for natives of a wide range of altitudes in Peru. Recently, the same relationship was shown to apply to adult males residing in North America at 1600 m as well as in Leadville at 3100 m [32]. However, as Treger, Shaw and Grover [40] have shown, hemoglobin concentration in Leadville is also modified by age and sex just as at lower altitudes.

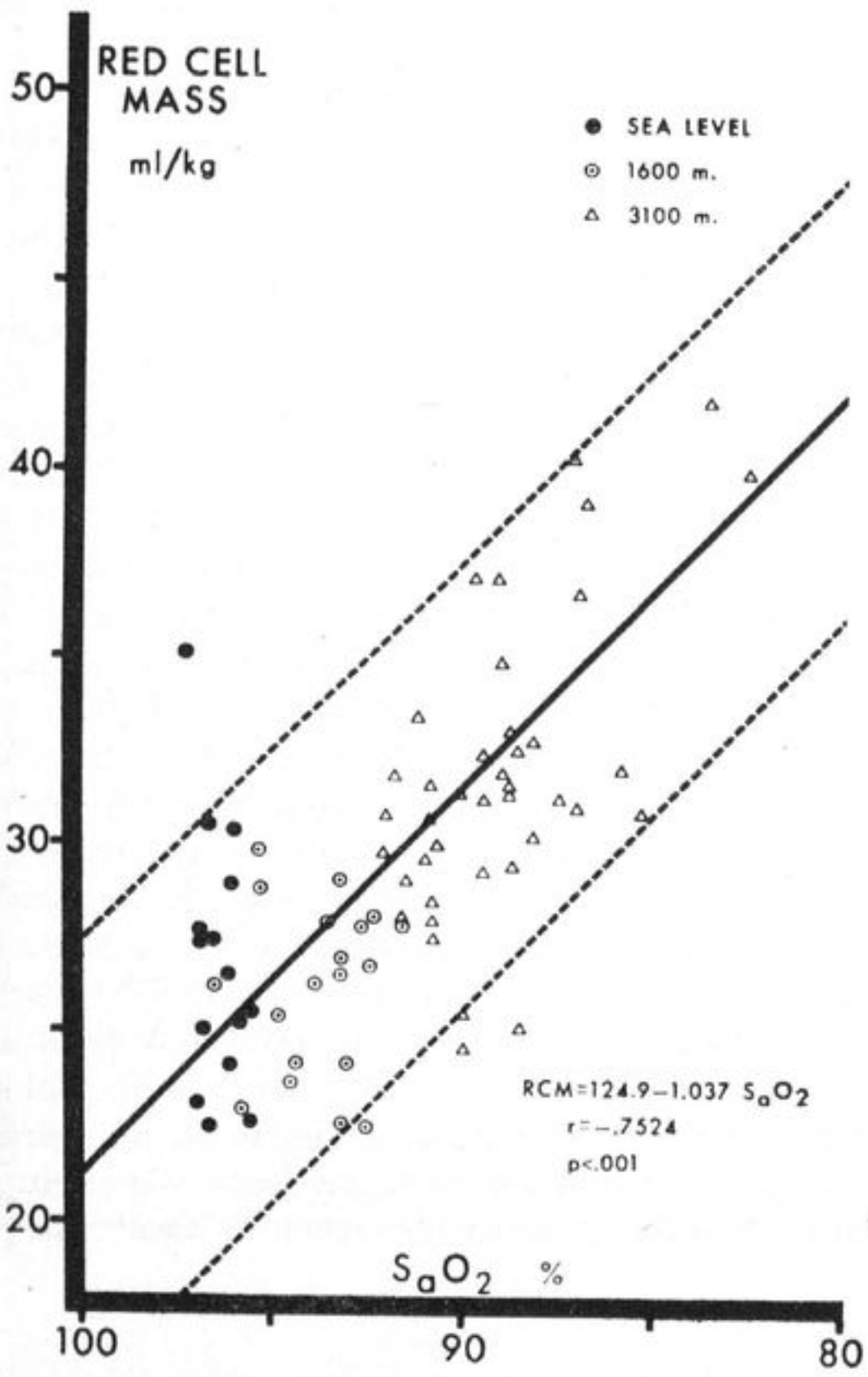


Figure 6

Correlation between red cell mass and arterial oxygen saturation ($Sa0_2$) in normal men living at three altitudes: sea level (•), 1600 m (0), and 3100 m (△). Red cell mass increases in a simple linear fashion with decreasing saturation, with a highly significant correlation ($r = —0.75$, $p > 0.001$). (Reproduced by permission of the Journal of Clinical Investigation, ref. 41).

Corrélation entre la masse érythrocytaire et la saturation artérielle en oxygène ($Sa0_2$) chez des hommes normaux vivant à trois altitudes; niveau de la mer (•), 1600 m (0), et 3100 m (△). La masse érathrocytaire croît d'une façon linéaire en fonction de la saturation décroissante, avec une corrélation hautement significative ($r = 0.75$, $p < 0.001$). (Reproduite avec la permission du Journal of Clinical Investigation, réf. 41).

Weil et al. [41] have examined the normal relationship between red cell volume (RCV) and arterial oxygenation. Groups of normal men were studied at three altitudes; sea level, 1600 m and 3100 m. RCV was determined with chromium-51 and related to arterial oxygen saturation ($S_a O_2$) and tension ($P_a O_2$) in each individual. RCV was found to increase in a simple linear fashion as $S_a O_2$ decreased (Fig. 6). In contrast, RCV was unaffected by $P_a O_2$ in the range of 60 to 100

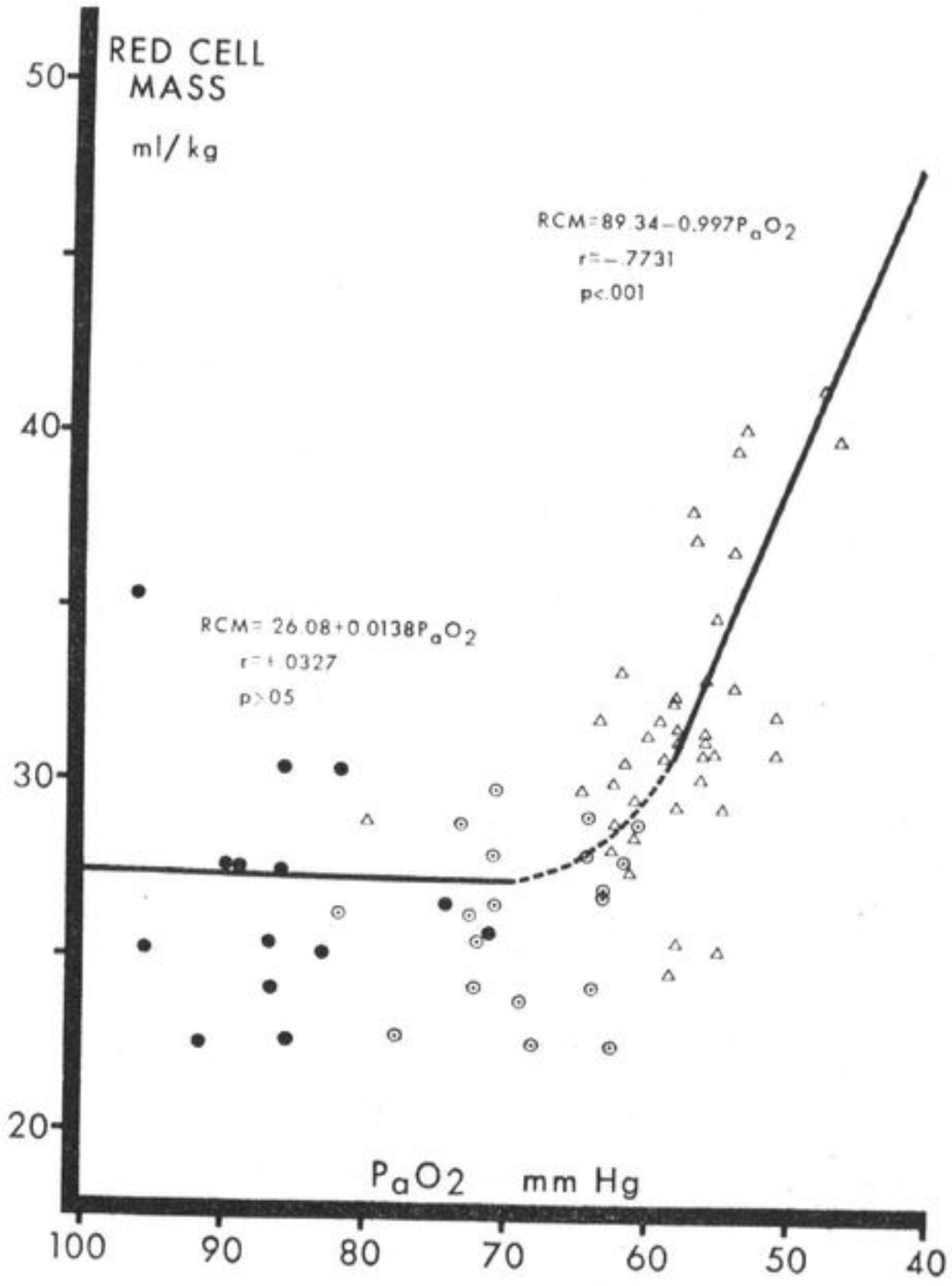


Figure 7

The complex relationship between red cell mass and arterial oxygen tension ($Pa0_2$) in normal men living at three altitudes: sea level (•), 1600 m (0), and 3100 m (Δ). The increase in red cell mass is highly correlated with decreasing oxygen tension below 60 mmHg ($r = -0.77$, $p<0.001$). However, red cell mass is unrelated to arterial oxygen tensions above 70 mmHg ($r = 0.03$, $p>0.05$). Contrast this with figure 6. (Reproduced by permission of the Journal of Clinical Investigation, ref. 41).

La relation complexe entre la masse érythrocytaire et la tension artérielle en oxygène ($Pa0_2$) chez des hommes normaux vivant à trois altitudes: niveau de la mer (0), 1600 m (•), et 3100 m (Δ). L'accroissement dans la masse érythrocytaire présente une haute corrélation avec la tension décroissante en oxygène au-dessous de 60 mm Hg ($r = 0,77$, $p < 0,001$). Cependant, la masse érythrocytaire est sans relation avec les tensions artérielles en oxygène au-dessus de 70 mm Hg ($r = 0,03$, $p > 0,05$). Comparer celle-ci avec la figure 6. (Reproduite avec la permission du Journal of Clinical Investigation, réf. 41).

mmHg; only at lower values of $P_a O_2$ did RVC increase (Fig. 7). This means that only those reductions in $P_a O_2$ which produced a fall in $S_a O_2$ were associated with an increase in RCV, which implies that red cell production is more dependent upon oxygen transport than arterial oxygen tension.

The greater individual variability in RCV at the higher altitude is probably a consequence of differences in respiratory response to the hypoxic stimulus of altitude. Those insensitive individuals who have little increase in alveolar ventilation will have a lower $S_a O_2$ and consequently a greater stimulus for red cell production. At one end of this spectrum of response to hypoxia are those unfortunate individuals who develop severe polycythemia secondary to simple hypoventilation, the so-called « chronic mountain sickness ». We have identified several such cases in Leadville.

6. - Systemic Oxygen Transport. — The augmented capacity for oxygen achieved by increasing hemoglobin and hematocrit carries with it the potential disadvantage of increasing blood viscosity. This led Smith and Crowell [39] to the conclusion that oxygen transport was optimal with a hematocrit of about 40%; higher hematocrits impeded blood flow in their acute experiments with dogs. Since the average hematocrit of the resident at Morococha is 60%, one might wonder if this degree of polycythemic response to high altitude is entirely advantageous. Banchero et al. [3] obtained hemodynamic data in sea level residents and Andean natives at rest and during exercise (Table 1). It is clear from these direct measurements that

Table I.

Systemic oxygen transport in sea level residents and high altitude natives. From Banchero et al. [3]

	Altitude meters	Hb gm %	HbO_2 cap. ml/l	Art O_2 saturation %	Art O_2 content ml/l	Oxygen Uptake ml/min -m_2	Cardiac Index l/min -m_2	Systemic Oxygen Transport ml/min -m_2
REST	150	14.8	198	95.7	190	153	3.97	756
	4540	19.4	259	78.4	202	161	3.97	803
EXERCISE	150	15.4	208	94.9	197	719	6.83	1350
	4540	20.1	269	69.4	186	779	7.70	1430

systemic oxygen transport is virtually identical at both altitudes. The polycythemia of the man at Morococha compensates fully for the decrease in $S_a O_2$ without reducing blood flow. We do not know if

these conclusions extend to more severe exercise in the upright posture, since measurements were made only during moderate supine exertion.

7. - Pulmonary Hypertension. — Airway hypoxia increases pulmonary vascular resistance in a wide variety of animal species including man [10]. This phenomenon is most dramatic in cattle who develop severe pulmonary hypertension leading to cardiac failure and death at such modest altitudes as 3000 m. Extensive studies in this species by Grover and Reeves [13] have shown that functional constriction of small muscular pulmonary arteries is responsible for much of the increase in vascular resistance within the lung.

Pulmonary hypertension also develops to a significant degree in man residing at high altitude. From a survey of Latin American populations, Cruz et al. [4] demonstrated a parabolic rather than linear

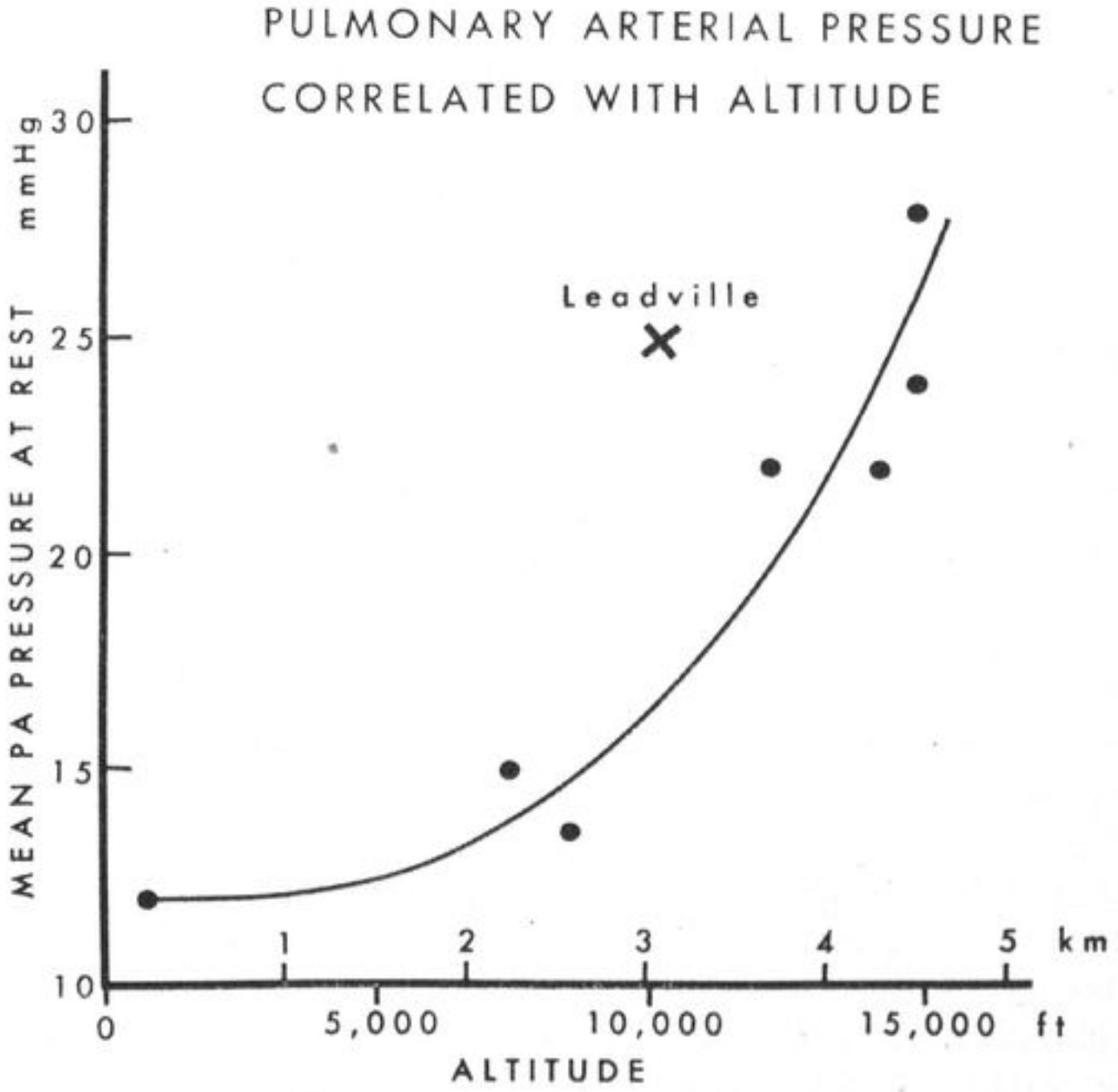


Figure 8

In normal Latin American populations residing at altitudes from sea level to 4500 m (solid dots), significant pulmonary hypertension is seen only above 3700 m. From this, the severity of pulmonary hypertension seen in Leadville (X) is unexpected. (Reproduced by permission of the American Journal of Cardiology).

Dans les populations normales d'Amérique latine résidant à des altitudes à partir du niveau de la mer jusqu'à 4500 m (points solides), on observe une hypertension pulmonaire significative seulement au-dessus de 3700 m. D'où, la gravité de l'hypertension pulmonaire vue à Leadville est inattendue. (Reproduite avec la permission du American Journal of Cardiology).

relationship between altitude of residence and severity of pulmonary hypertension. In this response to altitude, we find a distinct difference between the population living at 3100 m in Leadville and the Andean native. Among 28 adolescents residing in Leadville, the average mean pulmonary arterial pressure at rest was 25 mmHg [9]. This is much higher than one would predict for 3100 m. Rather, it is comparable to the pressures found at 4500 m altitude in the Andes (Fig. 8).

While there is no question as to the validity of these pressure measurements, the basis for their non-conformity is not obvious. In a subsequent investigation, Grover et al. [12] measured pulmonary arterial pressures in 18 adults ranging in age from 26 to 57. Again the resting mean pressure was 25 mmHg. However, in the most recent study of hemodynamics [16] 10 healthy men 25-35 years old residing in Leadville had an average mean pressure of only 18 mmHg; 4 of these men had been in Leadville since birth.

The present state of our knowledge indicates marked individual variability in terms of pulmonary pressor response to the chronic hypoxia of altitude among the Leadville population. We believe this to be an indication that the high altitude resident of North America is in reality a genetic newcomer to his environment. We are in the position of observing a random population from sea level exposed to an unaccustomed stimulus — chronic hypoxia. Individuals within this population display the full normal spectrum of response ranging from hyporeactors to hyperreactors. Thus, hypoxia produces in some persons little pulmonary vasoconstriction, while the same stimulus in other persons elicits marked vasoconstriction and relatively severe pulmonary hypertension.

8. - Pulmonary Edema. — An uncommon but potentially fatal reaction to ascent to high altitude is the development of acute pulmonary edema. The mechanism responsible for this edema formation remains an enigma, particularly since it occurs in otherwise healthy young individuals, often children. While it may occur in a man from sea level during his first exposure to high altitude [18, 38], there are also numerous reports of pulmonary edema developing in high altitude natives shortly after they return to altitude from a sojourn near sea level [19, 26, 28]. Leadville residents also display this form of maladaptation to altitude. I have seen five well documented cases, four of them children, each occurring within 24 hours of their returning to their home at 3100 m after a visit to low altitude.

Hemodynamic studies performed at sea level on individuals who have recovered from high altitude pulmonary edema have revealed no abnormality. However, Hultgren postulated that latent pulmonary

vascular abnormalities might be present which could be detected only during exposure to altitude. To test this hypothesis, we collaborated with Hultgren [11] in studying 5 men with well-documented histories of repeated episodes of pulmonary edema while mountain climbing. At sea level, all had normal hemodynamics and arterial blood gases. Each was then taken rapidly to 3100 m where he spent the night. Next morning, each man climbed to 3900 m and returned to 3100 m where he had a second hemodynamic study. None developed pulmonary edema. All had marked pulmonary arterial hypertension but normal pulmonary capillary « wedge » pressure; mean pulmonary arterial pressures were 40 mmHg at rest and rose to 65 mmHg during exercise. In spite of hyperventilation with low $P_a CO_2$ and alkalosis, the values of $P_a O_2$ were abnormally low due to a wide alveolar-to-arterial oxygen pressure difference. This implies either gross discrepancies between the distribution of air and blood in the lung ($\dot{V}/Q$ abnormality), or impairment of the diffusion of oxygen, perhaps due to edema of the alveolar-capillary membrane. This study shows for the first time definite abnormalities in the function of the pulmonary vascular bed which may well be the precursors of frank pulmonary edema.

9. - Coronary Thrombosis. — Since chronic hypoxia stimulates the development of coronary inter-arterial anastomoses [5], this process could lessen the myocardial damage resulting from coronary artery occlusion in the resident at high altitude. Indeed, for many years Hurtado [20, 21] has called attention to the impression that death from coronary occlusion is uncommon in the Peruvian Andes. A similar impression among physicians practicing in Leadville prompted Morton, Davids and Lichty [31] to relate mortality statistics to altitude in Colorado. They concluded that « the apparent scarcity of fatal cases of arteriosclerotic heart disease and hypertension at high altitudes in Colorado is due to smaller proportions of older persons in the (high altitude) population ». In other words, their analysis yielded no evidence that residence at high altitude protects the individual from fatal coronary thrombosis. It is well to realize that the validity of this conclusion is dependent upon the accuracy with which cause of death has been established on death certificates. Careful post mortem studies of the coronary arterial tree in high altitude residents could provide more direct evidence on this important subject.

Denver, University of Colorado Medical Center.

R. F. Grover

ACKNOWLEDGEMENTS. — *It has been possible to collect the information summarized in this review through the continuing cooperation of the residents of Leadville, Colorado, the physicians of the Lake County Medical Society, and the personnel of the Lake County Public Health Nursing Office. The author is deeply indebted to the Sisters of St. Vincent's Hospital for their assistance in operating the High Altitude Research Laboratory. Sincere thanks are due to the numerous physicians who have participated in these studies, and to the research technicians and nurses who have provided such excellent and loyal help. The author also wishes to express his appreciation to Audrey Van Camp for her assistance in the preparation of this manuscript.*

REFERENCES

[1] ALEXANDER J. K., L. H. HARTLEY, M. MODELSKI and R. F. GROVER. *Reduction of stroke volume during exercise in man following ascent to 3100 m altitude.* J. Appl. Physiol. 23: 849-858, 1967.

[2] BALKE B. *Work capacity and its limiting factors at high altitude.* In: The Physiological Effects of High Altitude, ed. W. H. WEIHE. Oxford, Pergamon Press, 1964, pp. 233-247.

[3] BANCHERO N., F. SIME, D. PEÑALOZA, J. CRUZ, R. GAMBOA and E. MARTICORENA. *Pulmonary pressure, cardiac output, and arterial oxygen saturation during exercise at high altitude and at sea level.* Circulation 33 : 249-262, 1966.

[4] CRUZ-J. J., N. BANCHERO, F. SIME, D. PEÑALOZA, R. GAMBOA and E. MARTICORENA. *Correlation between pulmonary artery pressure and level of altitude.* Dis. Chest 46 : 446-451, 1964.

[5] DAY S. B. and C. W. LILLEHEI. *Experimental basis for a new operation for coronary artery disease.* Surgery 45 : 487-495, 1959.

[6] DEGRAFF A. C. JR., R. F. GROVER, J. W. HAMMOND JR., J. M. MILLER and R. L. JOHNSON JR. *Pulmonary diffusing capacity in persons native to high altitude.* Clin. Res. 13 : 74, 1965.

[7] ELSNER R. W., A. BOLSTAD and C. FORNO. *Maximum oxygen consumption of Peruvian Indians native to high altitude.* In: The Physiological Effects of High Altitude, ed W. H. WEIHE, Oxford, Pergamon Press, 1964, pp. 217-223.

[8] GROVER R. F. *Effects of hypoxia on ventilation and cardiac output.* Ann. N. Y. Acad. Sci. 121 : 662-673, 1965.

[9] GROVER R. F. *Pulmonary circulation in animals and man at high altitude.* Ann. N. Y. Acad. Sci. 127 : 632-639, 1965.

[10] GROVER R. F. *Comparative physiology of hypoxic pulmonary hypertension.* In: Cardiovascular and Respiratory Effects of Hypoxia, ed J. D. HATCHER and D. B. JENNINGS. Basel/ New York, S. Karger, 1966, pp. 307-321.

[11] GROVER R. F., L. H. HARTLEY, H. MILLER and H. N. HULTGREN. *Latent pulmonary circulatory abnormalities in men with a past history of pulmonary edema at high altitude.* J. Clin. Invest. 46 : 1064, 1967.

[12] GROVER R. F., J. T. OKIN, H. R. OVERY, A. TREGER, and F. H. N. SPRACKLEN. *Natural history of pulmonary hypertension in normal adult residents of high altitude.* Circulation 32: Suppl. II : 102, 1965.

[13] GROVER R. F., J. T. REEVES, D. H. WILL and S. G. BLOUNT JR. *Pulmonary vasoconstriction in steers at high altitude.* J. Appl. Physiol. 18 : 567-574, 1963.

[14] GROVER R. F. and J. T. REEVES. *Exercise performance of athletes at sea level and 3100 meters altitude.* Med. Thorac. 23 : 129-143, 1966.

[15] GROVER R. F., J. T. REEVES, E. B. GROVER and J. E. LEATHERS. *Muscular exercise in young men native to 3100 meters altitude.* J. Appl. Physiol. 22 : 555-564, 1967.

[16] HARTLEY L. H., J. K. ALEXANDER, M. MODELSKI and R. F. GROVER. *Subnormal cardiac output at rest and during exercise in residents at 3100 m altitude.* J. Appl. Physiol. 23: 839-848, 1967.

[17] HARTLEY L. H., J. V. WEIL, G. JAMIESON and R. F. GROVER. *Peripheral chemoreceptor insensitivity in moderate altitude North American residents.* Clin. Res. 15: 346, 1967.

[18] HOUSTON C. S. *Pulmonary edema at high altitude.* In: Normal and Abnormal Pulmonary Circulation, ed R. F. GROVER. Basel/New York, S. Karger, 1963, pp. 313-330.

[19] HULTGREN H. N., C. E. LOPEZ, E. LUNDBERG and H. MILLER. *Physiologic studies of pulmonary edema at high altitude.* Circulation 29 : 393-408, 1964.

[20] HURTADO A. *Pathological effects of life at high altitudes.* Milit. Med. 117 : 272-284, 1955.

[21] HURTADO A. *Some clinical aspects of life at high altitudes.* Ann. Int. Med. 53 : 247-258, 1960.

[22] HURTADO A., C. MERINO and E. DELGADO. *Influence of anoxemia on the hemopoietic activity.* Arch. Int. Med. 75 : 284-323, 1945.

[23] HURTADO A., T. VELÀSQUEZ, C. REYNAFARJE, R. LOZANO, R. CHÀVEZ, H. ASTE-SALAZAR, B. REYNAFARJE, C. SANCHEZ and J. MUÑOZ. *Mechanisms of natural acclimatization. Studies on the native resident of Morococha, Peru, at an altitude of 14,900 feet.* U.S.A.F. School of Aviation Medicine Report 56-1 : 1-62, 1956.

[24] JAMESON A. G. *Gaseous diffusion from alveoli to pulmonary arteries.* J. Appl. Physiol. 19 : 448-456, 1964.

[25] LAHIRI S. and J. S. MILLEDGE. *Muscular exercise in the Himalayan high altitude residents.* Fed. Proc. 25 : 1392-1396, 1966.

[26] LOPEZ D., C. E. *Edema agudo pulmonar por hipoxia de altitud.* Prensa Medica (La Paz) 16 : 74-79, 1964.

[27] MARGARIA R. and P. CERRETELLI. *Physiological aspects of life at extreme altitudes.* In: Biometeorology, ed. S. W. TROMP. Oxford, Pergamon Press, 1962, pp. 3-25.

[28] MARTICORENA E., F. A. TAPIA, J. DYER, J. SEVERINO, N. BANCHERO, R. GAMBOA, H. KRUGER and D. PEÑALOZA. *Pulmonary edema by ascending to high altitudes.* Dis. Chest. 45 : 273-283, 1964.

[29] MILLEDGE J. S. and S. LAHIRI. *Respiratory control in lowlanders and Sherpa highlanders at altitude.* Resp. Physiol. 2 : 310-322, 1967.

[30] MONGE-M., C. *Acclimatization in the Andes.* Baltimore, Johns Hopkins Press, 1948, p. 47.

[31] MORTON W. E., D. J. DAVIDS and J. A. LICHTY. *Mortality from heart disease at high altitude.* Arch. Environ. Health 9 : 21-24,1964.

[32] OKIN J. T., A. TREGER, H. R. OVERY, J. V. WEIL and R. F. GROVER. *Hematologic response to medium altitude.* Rocky Mtn. Med. J. 63 : 44-47, 1966.

[33] PUGH L. G. C. E., M. B. GILL, S. LAHIRI, J. S. MILLEDGE, M. P. WARD and J. B. WEST. *Muscular exercise at great altitudes.* J. Appl. Physiol. 19 : 431-440, 1964.

[34] REEVES J. T., R. F. GROVER and J. E. COHN. *Regulation of ventilation during exercise at 10,200 feet in athletes born at low altitude.* J. Appl. Physiol. 22 : 546-554, 1967.

[35] REYNAFARJE C. *The influence of high altitude on erythropoietic activity.* In: Homeostatic Mechanisms. Upton, N. Y., Brookhaven National Laboratory, 1958, pp. 132-146.

[36] SALTIN B. *Aerobic and anaerobic work capacity at 2300 meters.* Schweiz Z. Sportmed. 14 : 81-87, 1966.

[37] SEVERINGHAUS J. W., C. R. BAINTON and A. CARCELEN. *Respiratory insensitivity to hypoxia in chronically hypoxic man.* Resp. Physiol. 1: 308-334, 1966.

[38] SINGH I. *High altitude pulmonary edema.* Am. Heart J. 70 : 435-439, 1965.

[39] SMITH E. E. and CROWELL J. W. *Influence of hematocrit ratio on survival of unacclimatized dogs at simulated high altitude.* Am. J. Physiol. 205 : 1172-1174, 1963.

[40] TREGER A., D. B. SHAW and R. F. GROVER. *Secondary polycythemia in adolescents at high altitude.* J. Lab. Clin. Med. 66 : 304-314, 1965.

[41] WEIL J. V., G. JAMIESON, D. W. BROWN and R. F. GROVER. *The red cell mass - arterial oxygen relationship in normal man.* J. Clin. Invest. (in press).

[42] WEST J. B. *Diffusing capacity of the lung for carbon monoxide at high altitude.* J. Appl. Physiol. 17 : 421-426, 1962.

PHOTOSYNTHESE BEDINGUNG ALLES LEBENS

Photosynthese ist ein Naturvorgang der grünen Pflanzen aller Art. Ohne dieselbe gibt es kein Leben auf unserer Erde. Sie entsteht von der Energie des Sonnenstrahls, welche durch den grünen Farbstoff der Pflanzen, das Chlorophyll in chemische Energie verwandelt wird. Der Inhalt des folgenden Artikels enthält nachstehende Ausführungen: Die Entstehung des Chlorophylls, seine physikalischen und chemischen Eigenschaften, sein Vorkommen, sowie seiner einfacheren Vorläufer Eigenschaften, all dieser Farbstoffe Platz in der pflanzlichen Zelle. Die in der Photosynthese verlaufenden Reaktionen werden durch Enzyme erleichtert. Begriff der Enzyme. Die erste Reaktion der Photosynthese: je zwei Moleküle Wassers werden gespalten zu Wasserstoff und Hydroxyl, wobei ein Molekül Sauerstoff frei entweicht. Der andrrseits frei gewordene Wasserstoff reduziert sofort das Kohlendioxid der Luft zu Zucker verschiedener Art. Aus diesen entstehen dann die nahezu unzählbaren Produkte im Stoffwechsel. Die unter diesen überflüssig oder schädlich gewordenen Produkte werden durch die Atmung in einem entgegengesetzten Stoffwechsel oxidiert, wobei Wärme als Energie entsteht. Da vollzieht sich auch eine weitere Spaltung von je zwei Molekülen Wasser mit denselben Produkten wie in der Photosynthese. So entstehen ähnliche Produkte von zweie entgegengesetzten Vorgängen, die in einem charakteristischen Gleichgewicht zu einander stehen. Die Reaktionen der Photosynthese werden von vielerlei Faktoren beeinflust (z.B. Temperatur, Konzentration der Luftfeuchtigkeit, des CO_2, Einfluss des Atmens, das jeweilige Mass des Sonnenlichtes, der Grad der Öffnung der Stomata, der zufallige Zustand der Gesundheit etc.).

Zu diesem Naturvorgang sind im ersten Zusehen der Photosynthese eigentlich erstaunlich wenig Bedingungen nötig. Im natürlichen Verlauf dagegen sind die Bedingungen überaus kompliziert. Das erklärt die allgemeine Unkenntnis und das sich dafür darbietende, unglaublich geringe Interesse. Wenn man vor kulturell hochstehenden Personen (manchmal gar vor einem hervoragenden Sachverständigen irgendeiner Naturwissenschaft) die Frage aufwirft, was wohl die Photosynthese sei, vermag man, mit ganz spärlichen Ausnahmen, ein gewisses befremdetes Staunen als Antwort erfahren.

Dagegen ist es tatsächlich ein Naturvorgang, von dem unser aller Dasein abhängig ist.

Wenn man die Photosynthese nur oberflächlich charakterisieren will, so könnte man sagen, dass dieselbe von etwa fünferlei Umständen abhängig ist, undzwar: die Strahlung der Sonne, der grüne Farbstoff unserer Gewächse, also das Chlorophyll, das Photophosphorylieren, ein spezielles Multienzymsystem und das Atmen.

DIES ALLES KÖNNEN ABER AUSSCHLIESSLICH GRÜNE PFLANZEN ZUWEGEBRINGEN. OHNE DIESE BEDINGUNGEN GIBT ES KEIN LEBEN.

Als konkretes Beispiel möchte ich erwähnen wenn sich viele Menschen in einem schlecht beleuchteten Raum geraume Zeit befinden und dabei noch mit theoretischer, oder praktischer Arbeit genügend beschäftigt sind, verschlechtert sich ihr Befinden zusehend. Dies wird allgemein dem Verderben der zum Atmen benötigten Luft und deren

ungenügendem Sauerstoffgehalt zugeschrieben. Bald wird dieser Zustand unerträglich. Ist jedoch der Raum durch die Sonne gehörig beleuchtet und besonders mit grossblättrigen Pflanzen geschmückt, so ist die Stimmung der Gesellschaft in kurzer Zeit freundlich, gemütlich. Dieses Phänomen hat schon Ende des 18- ten Jahrhunderts die Aufmerksamkeit eines holländischen Arztes, namens JAN INGENHOUS erweckt und er begann Experimente mit Mäusen anzustellen. Er setzte einige unter eine Glasglocke, versah sie mit Nahrung, aber beliess sie im Dunklen. Eine andere Menge von Mäusen dagegen beliess er zwar ähnlich, aber liess sie in einem wohl beleuchteten, gehörig mit Sonne beschienenen Raum und stellte unter ihre Glasglocke auch einige grüne Pflanzen. Diese Partie der Mäuse lebte munter weiter, wenn sie auch Nachts im Dunklen blieben. Dagegen verendeten die Teilnehmer der ersten Partie bald in einigen Tagen. Aus diesen Experimenten zog INGENHOUS den damals Staunen erregenden, aber richtigen Schluss, dass die Pflanzen die Luft verbessern, in der Finsternis dagegen verderben. Dagegen verbreitete sich die absurde Meinung, dass die Pflanzen verkehrt atmen, als die Tiere. Die Kritiker hatten nämlich damals noch keine Ahnung davon, dass das Atmen nur mit Verbrauch eines Bestandteiles der Luft, des Sauerstoffs möglich sei und dass dies in den Pflanzen ebenso vor sich gehe, wie in den Tieren. Aber die Pflanzen sind insofern im Vorteil, dass sie mit Ausnutzung der Sonnenenergie auch den hier im Innern ihres Organismus vorhandenen Sauerstoff auszunützen vermögen, welchen sie des Tags, als im Überfluss vorhandenen teilweise auch den Tieren überlassen können. Am Tag geht das schön vonstatten, aber nachts oder allgemein im Dunklen geben die Pflanzen nur Kohlenstoffdioxid beim Atmen von sich und dieser ist für das Tier nutzlos. Erst als LAVOISIER, dieses seltene geniale Chemikertalent erstand, konnten die vorliegenden Kenntnisse zum Lösen der unzähligen Aufgaben des Photosyntheserätsels beginnen. Erst in dieser Zeitspanne war es möglich einen erstaunlichen Naturgang zu bemerken und überhaupt zu erfassen, dass durch den Sonnenstrahl eine enorme Menge von Energieveränderungen auf unserer Erde vorsichgehe. Und da bemerkte man erst, dass der grüne Farbstoff der Pflanzen, besonders in der immensen Menge der Meeresalgen und gewisser Arten lebender Bakterien denselben grünen Farbstoff enthalten, das

CHLOROPHYLL.

Erst Ende des 19ten Jahrhunderts wandten sich die ersten, tastenden Versuche über diesen grünen Farbstoff zur Untersuchung und Darstellung desselben, undzwar war es eine Reihe der hervorragendsten organischen Chemiker (Montewerde, Marchlevsky, Hoppe-Seyler etc. 1880), die sich damit befassten. Indes waren ihre Präparate, wie es sich später herausstellte, mit vielen, hauptsächlich anorganischen Sub-

stanzen (Kalium, Eisen, Phosphor etc.) verunreinigt. Dies war damals gar nicht zu verwundern, da diese Substanzen in verschiedenen Verbindungen, enthalten waren, welche in den Reaktionen des Chlorophylls irgendeine wichtige Rolle spielen. Erst im 20sten Jahrhundert bewältigen (1913) zwei deutsche Chemiker, Willstätter und Stoll die fast unüberwindlichen Schwierigkeiten. Zu diesen ausserordentlich wichtigen Untersuchungen trugen auch Hans Fischer und Conant bei. Zu diesen grundlegenden Experimenten mussten die Forscher viel mildere Methoden ausarbeiten, als man bis dahin in der organischen und biologischen Chemie benutzte. Um die Ergebnisse gehörig zu bestätigen, musste man die Präparate der verschiedenen Chlorophylle (siehe weiter) eigenen abbauenden Versuchen unterziehen. Dies führten mit besonderer Exaktheit und Sorgfalt Willstätter und Stoll aus. Auf diese Weise konnten sie magnesiumfreie und anderweitig abgebaute Verbindungen darstellen, womit der anfangs geplante Aufbau und die Struktur bewiesen wurde. In diesen Versuchen konnten sie eine grosse Reihe von spezifischen Enzymen nachweisen. (Siehe weiter unten).

Die chemischen Formeln der zwei Chlorophylle:

Chlorophyll-a $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$,
Chlorophyll-b $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$

Ausserdem ist noch in aktiv photosynthetisierenden Bacterien Bacteriochlorophyll $C_{55}H_{74}O_6N_4Mg$. Aus diesen zusammenfassenden Formeln ist die Strukturformel natürlich nicht ersichtlich.

Die Urverbindung ist eine einfache, bloss zwei Kohlenstoffatome enthaltende Aminosäure, das *Glycin*, oder Aminoessigsäure:

$$\begin{matrix} CH_2.COOH \\ NH_2 \end{matrix}$$

Aus dieser Verbindung entstehen auch die viel einfacher, als Chlorophyll gestalteten Farbstoffe, die ebenso Stickstoff enthalten, aber ausnahmslos aus nur 4 Kohlenstoffatomen und einem Stickstoffatom cyklisch gebaut sind und aneinandergekoppelt als *Phycobiline* in den Meeresalgen die Photosynthese verrichten, demnach als Vorläufer des Chlorophylls zu betrachten sind.

Aus dieser ganz einfachen oben genannten Verbindung, dem Glycin entstehen auch alle Verbindungen komplizierter Struktur, welche zur grossen Gruppe der Eiweisskörper und der verwandten, noch wichtigeren Schar der Nucleoproteiden gehören. Ausserdem interessieren uns hier die früher erwähnten einfachen Verbindungen am meisten, als Ausgangspunkte des Chlorophylls selbst, sowie der einfacher gebauten, schon früher erwähnten Vorläufer unseres Farbstoffes. Vier solche Gebilde sind dann in einen stern-förmigen, bloss theoretisch gedachten Cyclus vereinigt, dem *Porphin*. Aus diesem kann man dann das Grundgebilde des Chlorophylls ersehen, welches in allen Lebewesen als ver-

schiedene Porphyrine vorkommt. Diese stehen in allen Lebewesen mit Eisengehalt als Enzyme (*Cytochrome* genannt) im Dienste des Abbaus. Die Folge ihrer natürlichen Bildungsreihe ist anfangs mit dem des Chlorophylls gemeinsam, aber an einem Punkt, den man Scheidepunkt nennen könnte, trennt sich die Reihe: Der eine Teil nimmt ein Eisenatom in seine Mitte, der andere ein Magnesiumatom. Aus letzterem entsteht dann nach einigen wenigen Zutaten des *Chlorophyll* selbst.

Das reine Chlorophyll kristallisiert in speerförmigen Nadeln mit blaugrüner Farbe mit einem schwarzen Anflug. In Alkohol löslich, unlöslich in Wasser und Petroleum. Es hat zweierlei Arten, wie oben schon erwähnt, das Chlorophyll-a und das mit -b benannte. Letzteres ist etwas dunkler gefärmt. Beide zeigen *Fluoreszenz*; eine Lichererscheinung, welche in der alkoholischen Lösung durch Sonnenlicht entsteht und leicht beobachtet werden kann, indem die Lösung in der Durchsicht eine blutrote Farbe annimmt. Mit Alkohol kann es aus den Blättern nicht kurzwegs herausgelöst werden, da es in den Blattzellen an Protein angehaftet besteht. Es sollen noch drei weitere Chlorophylle beobachtet worden sein, mit -c, -d und -f benannt. Die Chlorophylle-a und -b kommen in den Blättern der verschiedensten Pflanzen in einer Menge von 0.13 bis 0.35% vor, wobei die -a-Abart meistens im dreifachen Verhältnis vorwaltet. Die Farbstoffe, welche an der Photosynthese teilnehmen, sind als Körnchen in den Chloroplasten des Plasmas der Zellen eingebettet.

Ausser den Chlorophyllen sind nämlich noch andere Farbstoffe, bzw. Verbindungen in den Blättern vorhanden, undzwar die schön roten *Carotinoide* und ihre gelben Derivate, die *Xanthophylle*, alle insgesamt als ein drittel der grünen Farbstoffe. Die Carotine können leicht zu A-Vitamin verwandelt werden, was z.B. besonders in den Möhren infolge der Verdauung von frischen Möhren wichtig ist. Aber natürlich nur ungekocht, da die Umwandlung die Folge von Enzymen ist, die beim Kochen zugrunde gehen. Die natürliche Synthese und die Art der Umwandlung ist daher *auch dem Sonnenlicht* zuzuschreiben.

Eigens zu erwähnen ist der Stickstoff-und der Schwefelgehalt der Derivate der primären Eiweissverbindungen. Zu diesen gehören nämlich die Enzyme, die überall die weiteren biochemischen Umwandlungen ermöglichen. (Siehe später).

In dieser Gruppe ersten Ranges könnten die phosphathaltigen Nukleinsäuren, das DNS und RNS erwähnt werden. Diese bringen die Synthese aller weiteren lebensunentbehrlichen Verbindungen (Vitamine, Hormone, Verbindungen zweiten Ranges etc.) in Gang.

Die schon früher erwähnten *Enzyme* sind Katalisatoren, oder Vermittler von Reaktionen, welche die schwierig verlaufenden Reaktionen erleichtern, undzwar dadurch, dass sie die zur Reaktion nötige Reaktionsenergie herabsetzen. Die Enzyme sind durchwegs Proteine (Eiweissverbindungen), deren Struktur sich der Struktur der zu ver-

wandelnden Verbindung anpasst. So haben wir in der Photosynthese auch eine Unzahl von Enzymen. Abgesehen von den erstmals erkannten Enzymen, welchen man spezifische Namen gab, ist dies heute unmöglich, da man jedem Enzym entsprechend der Teilreaktion eine charakteristische Benennung geben muss. Z. Beispiel sind die ersten Produkte der Photosynthese zwei Moleküle je drei Kohlenstoffatome enthaltende Zuckerphosphate, die enzymatisch im lebenden Organismus entstanden sind und weiter verwandelt werden, daher nennt man das katalisierende Enzym « Triosephosphat-dehydrogenase ». Dies bedeutet, dass das spezifische Enzym ein Wasserstoffatom dem betreffenden Phosphat der Triose entzieht.

Die Enzyme[1] könnte man daher physiologischen, oder biochemischen Mechaniker-Künstlern gleichstellen. Damit ist eine der wichtigsten Eigenschaften der Enzyme charakterisiert: jedes Enzym ist zu einer gewissen Reaktion meistens streng spezialisiert.

Die komplizierten Reaktionen der photosynthetischen Umwandlungen sind allgemein durch Enzyme katalisiert[2]. Eine der wichtigsten Reaktionen ist das *Phosphorylieren*, wobei in die gewisseVerbindung durch ein spezifisches Enzym ein Phosphatradikal (Phosphorsäurebestandteil) eingefügt wird, meistens an Stelle eines Wasserstoffatoms. Hiedurch wird die nötige Geschwindigkeit der Umwandlung der betreffenden Verbindung beträchtlich erhöht, also seine Reaktionsfähigkeit erleichtert, weil das Phosphat immer eine gewisse Menge Energie zubringt. Daher sind z.B. die Zuckerphosphate um vieles reaktionsfähiger, als die « freien » Zucker. Die hiezu nötige Energie durch Vermittlung des Phosphats stammt natürlich auch vom *Sonnenlicht*.

Hier möchte ich die Erklärung eines wichtigen Zustandes der Struktur der Enzyme einfügen. Die Enzyme bestehen meistens aus zwei Teilen, welche nur zusammen ihre katalysierende Wirkung bewerkstelligen vermögen. Der kleinere Teil, meistens 1% des Enzyms ist das *Coenzym*, der überwältigend grössere Teil ist das *Apoenzym* (v. EULER 1923). Beide zusammen nennt man *Holoenzym*. Das Apoenzym bewerkstelligt die strikte Spezifität, das Coenzym ist der aktivierende Bestandteil, der also das Holoenzym gewissermassen anregt das Substrat zur Reaktion zu veranlassen.

Viele Coenzyme sind organische Verbindungen, welche man synthetisch darstellen kann. Sie enthalten meistens Phosphat, welches mit seiner grossen Reaktionsfähigkeit zur raschen Reaktion der Enzyme beiträgt. Zu den Coenzymen zählt man auch eine Anzahl *Metalle*, zu welchen besonders die in minimalen Mengen vorkommenden s.g. *Spurenelemente* zu zählen sind. Die organischen Coenzyme sind verhältnismässig wenig spezifisch und daher nehmen sie in Reaktionen verschiedener Art teil.

[1] Früher hatte man sie auch Fermente benannt. Das sind jedoch Mikrolebewesen, die wohl vielerlei Enzyme enthalten, aber selbst sind sie keine Enzyme.

[2] Katalisatoren nennt man Vermittler von schwer ablaufenden Reaktionen.

Diese feine Spezifität erscheint bei vielen anderen biochemischen Verwandlungen, in sehr grossem Grad bei den Eiweissverbindungen (Proteinen) und in auffallendem Mass bei den Enzymen, weiters bei den Nukleinsäuren und besonders bei ihren Proteiden, soweit es bisher überhaupt gelungen ist, all die Feinheiten darzulegen. Diese Schwierigkeiten verursacht auch bei den Enzymen ihre *kolloidale physikalische Eigenschaft.* welche sehr kompliziert ist und solche Eigenschaften verursacht. Eine Erscheinung der wichtigsten ist, dass sie sich mit bestimmten Verbindungen, deren Struktur für das gewisse Enzym geeignet ist, leicht in Berührung versetzen, woraus dann eine spezifische, aber lose chemische Verbindung entsteht. Jedoch von solchen Aggregaten trennt sich ein Teil sehr leicht ab, der aber schon nichtmehr zu dem anfangs vorhandenen Aggregat gehört. *Die Wirkung der Enzyme* besteht daher daraus, dass sie die nötige Reaktionsenergie derselben vermindert, also eigentlich daraus, dass sie solche Reaktionen zustande bringen, erleichtern. Daher sind sie eben Katalisatoren. Der auf diese Weise verringerte Anspruch der bezüglichen Reaktion auf eine bestimmte Menge Reaktionsenergie erleichtert daher den Ablauf der Reaktion. So wird demnach die Wirkung der Enzyme erklärlich. Aus solchen Reaktionen folgt es dann, dass die einerseits synthetisierende Wirkung der Enzyme auch eine *entgegengesetzte* sein kann, je nachdem die verhältnismässige Konzentration der betreffenden Verbindungen vorwaltet. Daher vermögen dieselben Enzyme je nach den Konzentrationsverhältnissen synthetisieren, oder in der *Atmung* abbauen.

Die bisher dargelegten Faktoren der Photosynthese sind noch mit dem Hinweis auf eine überaus wichtige Reaktion zu ergänzen und das ist die *Art des Eindringens des Phosphorradikals.* Dieser Bestandteil ist bei sehr vielen biochemischen Reaktionen die Bedingung der chemischen Umwandlung und im besonderen in der Photosynthese. Hier ist es die erste charakteristische Verwandlung, die die folgenden einführt, undzwar mit Hilfe einer grossen Zahl von Enzymen (*Multienzym-Systeme*).

Wenn der Sonnenstrahl auf das grüne Blatt fällt, übernimmt das Chlorophyll oder je nach der Art der Pflanze ein ähnlicher Farbstoff die einfallende Energie. Das Chlorophyll ist daher kein Enzym. Die weitergeleitete Energie spaltet erstens 2 Moleküle Wasser in zwei freie Radikale, in Wasserstoff 4 (*H*) *und* 2 *Hydroxyl* (*OH*):

$$2H_2O = 4H + 2\,OH$$

und ausserdem entsteht noch ein sehr aktives phosphathaltiges Nukleotid, das *ATP* (Adenosintriphosphat), welches daher auch durch den Sonnenstrahl, also durch photosynthetische Energie synthetisiert wird. Dabei helfen noch zweierlei *Nukleotide.* Di - und Triphosphonukleotid (DNP, TNP) und an Chlorophyll angehaftetes Eiweiss. Infolge der

erwähnten *Wasserspaltungsreaktionen wird molekulares O_2 freigesetzt*, ewelches entweicht, aber anfangs viel verschiedene Theorien ans Licht brachte, bis die richtige Lösung Erfolg hatte. Man folgerte nämlich aus den anfänglichen Versuchen, dass das O_2 aus CO_2 entstehe, was nach den damaligen Experimenten natürlich erschien. Diese unrichtige Folgerung erschien damals als natürlich, da man dachte, dass das O_2 vom CO_2 darum entstehe, damit die freiwerdenden H-atome mit Hilfe anderer Produkte den rückbleibenden Kohlenstoff (C) zu Kohlenhydraten (Zucker, Stärke etc.) verwandle. Der grosse Unterschied der Richtigstellung der Entstehung des freien O_2 bestand darin, dass dasselbe nicht aus dem CO_2, sondern aus dem *Wasser stamme* (HILL-*sche Reaktion*). Die so frei gewordenen Wasserstoffatome reduzieren das Kohlendioxid (CO_2) zu Zuckern verschiedener Art, die man kurzwegs mit verallgemeinertem chemischem Ausdruck (CH_2O) bezeichnete. Aber die solcherart entstandenen Zucker sind phosphoryliert. Daher entstand die Benennung *Photophosphorylierung*. Diese ist eine der wichtigsten Reaktionen der Photosynthese. Jedoch müssten auch naheliegende Katalysatoren (K_1-vitamin, Proteine usw.) vorhanden sein. Der hervorragende ADOLF v. BAYER (1884) machte den Vorschlag, dass Formaldehyd, eine als Übergangsprodukt geeignete Verbindung wahrscheinlich sein könnte. Dies erschien so wahrscheinlich, dass der weltberühmte EMIL FISCHER (shcerzhaft als « Zuckerfischer » benannt, weil er die damals unbekannt gewesenen verschiedenen Zuckerarten im Laboratorium synthetisieren lehrte) durch PASSMORE eigene Versuche anstellen liess, undzwar mit seiner allgemein bekannten Osazon-Methode. Das Ergebnis war positiv. Fünfzig Jahre verflossen und es wurden noch immer verzweifelte Versuche gemacht, um in grünen Pflanzen Formaldehyd als Übergangsverbindung nachzuweisen, ohne Resultat. Die wahrscheinliche Lösung des grossartigen Vorgangs der Photosynthese gelang erst in den fünfziger Jahren dem Laboratorium CALVIN's und seinen Mitarbeitern, unter ihnen besonders BENSON und mehreren anderen.

Als *erste Produkte der Photosynthese* entstehen Phosphate von Zuckern mit drei bis sieben Kohlenstoffatomen, welche aber nicht der Reihe nach gebildet werden, sondern eine Runde durchmachen. Die Runde fängt aus drei CO_2-Molekülen an und ist so geordnet, dass die letzte Verbindung eine neue Runde entstehen ermöglicht, gerade so wie es in der ersten Runde geschah. So geht das Spiel weiter, natürlich solange der Sonnenstrahl, oder exakt ausgedrückt das Licht der Sonne am Tageslicht fortdauert. In der Nacht hilft jedoch die *Atmung*. Diese oxidiert in Dunkelreaktionen, daher mittels oxidierenden Enzymen bekanntlich die vor der Photosynthese zustandegebrachten Produkte, beziehungsweise deren unbrauchbare Reste. Die Oxidation geht mit Entstehung von Wärme einher. Darum *besteht ein Zusammenhang beider entgegengesetzter Vorgänge, sie ergänzen einander im Stoff-*

wechsel. Nun entsteht *im Dunkel durch diese Energie eine zweite Spaltung von je zwei Molekülen Wasser,* dieselben Abbauprodukte, wie in der Spaltung bei der Photosynthese im Aufbau, ausserdem ebenso auch eine Synthese von ATP. Die darin aufgestapelte Energie wird dann zum Phosphorylieren im Stoffwechsel verbraucht.

Innere und äussere Faktoren können die Photosynthese auf verschiedene Art beeinflussen. Ohne die ganz subtilen Änderungen aufzuzählen, erwähne ich nur, dass vor allem die täglichen Änderungen in der Intensität des *Sonnenlichtes,* sowie je nach der Jahreszeit fortwährende Variationen in der Intensität der Photosynthese verursachen. Damit einher geht der Einfluss der *Temperatur,* z.B. mittags im Sommer kann ein gewisser Rückgang eintreten. In dieser Hinsicht ist es ja allbekannt, dass die Engländer auf Ferien womöglich nach Italien reisen, weil sie dort viel Sonnenschein, warme Temperatur und demgemäss schöne Parkanlagen geniessen können. Unter die verschiedenen Faktoren gehört z.B. die *Luftfeuchtigkeit.* Es gibt in den Anden (Südamerika) eine überaus hohe felsige Landschaft, wo die Luftfeuchtigkeit ungenügend für die Photosynthese ist. Dies ist ganz ausser-gewöhnlich und verursacht, dass auf dem Teil der Gegend keine Pflanzen gedeihen. Einen besonderen Einfluss erregt die Konzentration der *Kohlensäure* (CO_2), deren Vergrösserung die Photosynthese in mässigem Masse fördert. Die allgemeine Konzentration der CO_2 ist bekanntlich 0,03% der Luft. Eine mässige Vergrösserung erhöht wohl die Photosynthese. Dennoch sind ausserordentliche Konzentrationen (10 - 15%) schon schädlich. Ähnlich ist der *Einfluss des Atmens,* welches ja besonders von der Menge des freien Sauerstoffs in der Luft abhängt. Auf all diese Faktoren haben die *Stomata* eine Wirkung, wovon ich schon vorher berichtete. Einen sichtbaren Einfluss verursacht die *Chlorose* (chlorosis), wodurch das schöne Grün des Chlorophylls anfangs erbleicht, später in fahles Gelb wechselt und endlich zum Eingehen der Vegetation, auch grosser Bäume, führt. Die Entstehung dieser Pflanzenkrankheit hängt von sehr vielen Faktoren ab, z.B. ein unpassendes Gleichgewicht einiger Nahrungsmetall-Ionen, z. B. K/Mg usw.

Wenn wir auf alle diese Einzelheiten der Photosynthese einen Rückblick werfen, fällt es uns unwillkürlich auf, welche Subtilitäten überall, hie und da eine Wirkung ausüben, kurz welche Feinheiten in der Spezifität und Zweckmässigkeit, in der Auswahl der verschiedensten Faktoren zur Geltung kommen. Da können wir nichtige Menschen in dem Naturwalten nur mit Andacht staunend zusehen. Wir können nicht einmal tief auffassen, welche Bedeutung die Ewigkeit in der Zeit und die Unendlichkeit im Raum hat. Auch ein Goethe und andere grosse Denker werden gewiss in diesen Gedanken ein tieferes Fühlen empfunden haben, wenn sie sich mit den Naturereignissen zu befassen versuchten.

Darum müssen wir die Naturerscheinungen wenigstens kennen lernen, soweit es überhaupt möglich erscheint. Die ganze Tiefe werden wir voraussichtlich nie erreichen.

Budapest, Universitat.

G. DOBY

LISTE DER CHEMISCHEN SYMBOLE UND EINIGER BENENNUNGEN

Amylase ist ein Enzym, welches Stärke in Glukose hydrolysiert.

ATP = Adenosintriphosphat ist ein Triphosphat, entsteht als eines der ersten Produkte der Photosynthese, sowie der Atmungsreaktion.

(CH_2O) ein Ausdruck um ein Monosaccharid allgemein auszudrücken.

DNS und *RNS* sind mit den Nukleotiden verwandte organische Verbindungen, welche man die höchst zusammengesetzten Verbindungen dieser Art zu nennen hat. DNS ist Deoxyribonukleinsäure, RNS ist Ribonukleinsäure. Die erstere « schreibt die Struktur jeder Aminosäure vor », welche dann die Ribonukleinsäure an ihren zugewiesenen Platz des im Bau befindlichen Proteins trägt und einfügt. - Diese Art der Erklärung ist vorläufig nur bildlich aufzufassen, da die Verwandlungen vorläufig noch nicht alle bekannt, die Aufgabe noch viel zu kompliziert ist, um dieselbe in ihren Einzelheiten (z.B. bloss die Menge der Enzymsystheme etc.) zu erklären. Das ist noch eines der vielen Rätsel, die einigermassen zu lösen der noch zurückbleibenden Aufgaben sein wird.

Eisen = Fe (aus dem lateinischen ferrum).

Enzyme bestehen aus Eiweiss. Veraltet und unrichtig nennt man sie auch Fermente. Diese sind jedoch Mikrolebewesen, z.B. die verschiedensten Bakterien, die wohl viel Enzyme enthalten, aber ebendarum kann es ganz missverstanden werden. Ganz unrichtig. Ahnlich gibt es Fermente in der alkoholischen, oder in der Essigsäure-Gährung.

Glukose ist Traubenzucker, ein Monosaccharid. Unrichtig und veralter Dextrose genannt.

Haemoglobin (oder Hemoglobin) ist in dem Blut der Tiere enthalten und besorgt, *vollbringt* die Oxidierung der unbrauchbar gewordenen Nährmittel und regeneriert hierdurch das Blut. Seine chemische Struktur ist dem des Chlorophylls ähnlich, aber wichtig ist in seiner Struktur, dass es statt Mg Fe enthält. Dieses hat eben in den Verwandlungen die hervorragendste Rolle.

Hydrolyse ist die Spaltung von Wasser in H und OH. Oft wirkt eine enzymatische Reaktion. Wenn je zwei Moleküle Wassers zugleich hydrolysieren, ist es möglich, dass die Spaltung in 4H und O_2 abläuft. So wirkt das H reduzierend, das O_2 oxydierend auf die verschiedenen Spaltprodukte.

Hydroxyl ist das Radikal des Wassers: OH. Es entsteht durch Hydrolyse des Wassers.

Kohlenstoff ebenso Carbonium, Symbol C.

Kohlensäure = CO_2 (Kohlendioxyd), ein Gas, viel schwerer als Luft; darin 0.03 %, seine wässrige Lösung ist Sodawasser. Es ist eine der schwächsten Säuren.

Magnesium = Mg. ein Metall, kommt in den verschiedenen Chlorophyllen etc. vor.

Monosaccharid ist eine Zuckerart, die, wenn irgendwie chemisch verändert mit 3-7 Atomen C sich in weniger oder mehr Kohlenstoff enthaltende Verbindung verwandelt, als das ursprüngliche Monosaccharid.

Nukleotide sind C, H, N, P und O enthaltende organische Verbindungen, welche meistens der Zellkern synthetisiert. Dieselben haben als Enzyme hervorragenden Anteil in Phosphorylierungen, Reduktionen etc. eben in der Photosynthese.

Organische Chemie, oder *Verbindung* etc. ist charakteristisch für alle Teile, welche C enthaltende Verbindungen behandelt und welche auch in solchen Verbindungen vorkommen hönnen, die in Lebenden teilnehmen. Dagegen behandelt die *Anorganische Chemie* jenen Teil der Chemie, welcher sich mit leblosem Material der Natur befasst.

Protein = Eiweiss, besteht in unzähligen Varietäten. Der tierische Körper besteht grösstenteils, die Knochen etc. ausgenommen aus Eiweiss.

Radikal (aus dem lateinischen « radix ») bedeutet irgendeinen Bestandteil einer Verbindung, der in chemischen Reaktionen ohne Umwandlung von einer Verbindung in eine andere übergeht. Z.B. PO_4 ist das Radikal der Phosphorsäure, oder überhaupt in allen Phosphatverbindungen. Öfter ist das Radikal auch H_4PO.

Reduktion siehe bei Hydrolyse.

Sauerstoff ist international ausgedrückt « oxygen », Symbol O. In molekularem Zustand O_2, in der Luft etwa 23 %.

Schwefel ebenso « Sulfur », Symbol S.

Spaltöffnungen (Stomata) sind die durch zwei Zellen verschliessaren Öffnungen meistens an der Unterseite der Blätter. Man könnte sie mit förmlichen Türen vergleichen, welche jedoch beinahe unzählige Variationen der Einrichtungen aufweisen. Eine biochemische besteht darin, dass spezifische Enzyme grossmolekulare Verbindungen in kleinmolekulare verwandeln durch Hydrolyc. Z.B. in Zellen sich ansammelnde Stärke von Amylase in Glukose hydrolysiert wird. Diese verursacht grösseren osmotischen Druck, worauf sich die Schliesszellen schliessen und das Eintreten von Feuchtigkeit, CO_2 und das Entweichen von photosynthetischem O_2 verhindern. Die Folge ist Pause der Photosynthese.

Spurenelemente (Mikroelemente) sind jene, meistens Metalle, welche in der Natur, besonders im Boden nur in minimalen Mengen vorkommen. Dieselben haben oft eine hervorragende Rolle in den Lebewesen. Als Medikament ist heute das B_{12} Vitamin bekannt, in dessen sehr komplizierter Struktur auch Co (Kobalt) und Cyanid enthalten ist. Ausserdem z.B. Arsen, Bor, Kupfer, Zink etc. sind unter die Spurenelemente zu zählen.

Stickstoff ebenso « Nitrogen », Symbol N. In der Luft etwa 77 %.

Stomata s. Spaltöffnungen.

Wasser = H_2O (besteht demnach aus 2 Atomen H und einem Atom O).

Wasserstoff ebenso « Hydrogen », Symbol H,.H_2 ist also ein Molekül.

LE CHOIX DU SYSTÈME D'UNITÉ EST-IL UN PROBLÈME SCIENTIFIQUE?

Le rôle de l'Etat doit se limiter à définir les unités en les reliant aux étalons légaux. Le classement des unités à l'intérieur d'un système et le choix du système constituent un problème purement scientifique. On examine les divers impératifs qui peuvent guider dans le choix du système et on montre que la transformation de Lorentz appliquée à l'électromagnétisme conduit à un système cohérent à trois unités fondamentales bien déterminé. Ce système n'est ni le système Giorgi (souvent adopté par les techniciens) ni le système de Gauss (souvent utilisé par les théoriciens).

Cet article m'a été suggéré par les constatations suivantes: — des revues de haute tenue scientifique ou technique (par exemple Revue Générale de l'Electricité, American Journal of Physics,...) publient fréquemment des articles sur les systèmes d'unités; cette question n'est donc pas aussi au point que semblent l'admettre certaines décisions et certains textes officiels; — l'intervention d'organismes officiels, sous sa forme actuelle, s'accorde mal avec l'objectivité et le détachement qui devraient présider à toute discussion scientifique; — les discussions ou tentatives de discussions sur ces questions prennent généralement l'aspect d'une polémique stérile et passionnée; les interlocuteurs se conduisent plutôt comme des apotres d'une idéologie que comme des scientifiques objectifs.

Je voudrais essayer de dégager ici de façon claire et explicite quelques conditions préalables à tout dialogue objectif, efficace et serein.

LE CHOIX DU SYSTÈME D'UNITÉS DOIT-IL RELEVER DE L'AUTORITÉ DE L'ETAT PLUS GÉNÉRALEMENT D'UN ORGANISME OFFICIEL INTERNATIONAL?. — C'est admis en fait, mais il me semble qu'il s'agit là d'une confusion entre deux questions différentes.

Il est certes indispensable qu'un organisme officiel légifère sur les unités, car c'est un problème pratique qui ne peut attendre et à propos duquel on peut prendre des décisions extra-scientifiques.

Un texte officiel, de préférence international, doit définir les unités en vigueur en les reliant aux étalons. La liste de ces unités doit être très large, donner aussi bien le mètre que le pouce, le pascal que le kg/cm^2,...

Le classement des unités à l'intérieur d'un système et le choix du système pour l'expression d'une théorie relèvent au contraire de

la pensée scientifique pure, au même titre que l'adoption de telle ou telle théorie physique.

L'intervention éventuelle d'un organisme officiel dans ce domaine ne doit être que très exceptionnel. Elle doit se faire avec la même prudence et dans le même état d'esprit que la rédaction d'un nouveau programme d'enseignement. La question « faut-il utiliser le système Giorgi? » doit être placée sur le même plan que par exemple « faut-il introduire la dynamique relativiste dans l'enseignement »?. Or, depuis quelques années, les milieux officiels traitent la question des systèmes d'unités comme s'il s'agissait de conventions sans importance scientifique, comme si le seul impératif était d'imposer un système unique. On décide d'utiliser *exclusivement* tel ou tel système (avec des changements un peu trop fréquents: CGS, MTS, MKSA) alors que les milieux scientifiques sont encore loin d'être d'accord.

Actuellement, c'est le système Giorgi MKSA qui a la faveur officielle. Or il suffit de lire les revues spécialisées, de discuter avec les physiciens, les ingénieurs ou les industriels pour constater, *très objectivement*, un profond désaccord sur cette question. En outre, n'enseigner qu'un système et lui subordonner le formalisme rend difficilement abordables les textes écrits dans d'autres systèmes, c'est-à-dire évidemment la très grosse majorité des textes (avec des gens comme Maxwell, Lorentz, Einstein, de Broglie,...).

Il serait donc plus raisonnable d'utiliser des formules littérales qui laissent la porte ouverte, l'Etat se bornant à donner la liste des unités que tout élève ou étudiant doit connaitre, à imposer éventuellement certaines d'entre elles pour la rédaction des cahiers des charges, les transactions commerciales,... Par exemple, on devrait écrire pour le champ d'un solénoide

$$B = \mu_o H = 4\pi\mu_o ni = \mu'_o ni$$

et ajouter qu'il faut connaître le gauss, l'oersted et le weber par mètre carré .

Ainsi seraient sauvegardés les textes passés, la pratique actuelle et l'évolution scientifique ultérieure. Les gens qui sont persuadés de le prééminence du système Giorgi pourraient l'utiliser, mais ils seraient tenus de ne pas se renfermer dans leur coquille; et surtout de ne pas enfermer dans cette coquille leurs étudiants ou leurs subordonnés éventuels.

C'est dans cet esprit que j'ai rédigé un traité d'Electricité paru récemment chez Gauthier-Villars. (1963).

QUELQUES IMPERATIFS QUI PEUVENT NOUS GUIDER DANS LE CHOIX DU SYSTÈME D'UNITÉS. — Défendre tel système pour telle raison et tel autre système pour telle autre raison conduit évidemment à un dialogue de sourds. Il faut s'entendre d'abord sur des impératifs

communs (ou bien reconnaitre qu'il n'y en a pas, que par suite, le choix ne peut être unique). Je vais donc passer en revue les impératifs possibles.

a) Le système d'unités doit être pratique. - On entend par là qu'il doit utiliser des unités pratiques conduisant à des nombres qui ne soient ni trop grands ni trop petits. Dans l'état actuel de la science, c'est impossible. La spectroscopie ne peut employer la même unité de longueur que la géographie ou que la cosmologie. Cela devient au contraire possible si l'on admet le remplacement des unités par leurs multiples ou sous-multiples (micro, macro), mais alors la plupart des systèmes sont pratiques. Le critère est donc insuffisant. Il n'a de sens qu'à l'intérieur d'un domaine particulier de la science et ne peut donc conduire à un choix unique du système.

b) Le système doit utiliser les unités usuelles dont on a l'habitude depuis longtemps. - Aucun système n'applique complètement ce critère et plusieurs l'appliquent partiellement. On sait que le système Giorgi a été créé en vue d'utiliser les unités usuelles de l'électricité: coulomb, ampère, volt, ohm,... Mais il a dû, pour rester cohérent (voir ci-après le sens de ce mot), introduire des unités nouvelles tout à fait inhabituelles et incommodes, le newton, le pascal.

Le système CGS électromagnétique utilise certaines unités mécaniques et électriques usuelles, comme le centimètre, le gauss, le maxwell,...

Ce deuxième critère est donc lui aussi insuffisant.

c) Le système doit être la conséquence naturelle d'une théorie physique, former un tout cohérent. - C'est à mon avis la condition essentielle; elle donne au choix du système le statut d'un problème scientifique. Mais, pour bien appliquer cette condition, il faut en préciser les divers aspects.

Subordination du choix du système à la théorie. - Et non l'inverse. Le dire n'est pas superflu, puisque certains auteurs ont pensé le contraire et ont présenté une construction de l'électromagnétisme en fonction du système Giorgi.

Choix de la théorie. - Il faut évidemment s'entendre d'abord sur la théorie destinée à coordonner les phénomènes physiques considérés, içi les phénomènes géométriques, mécaniques et électromagnétiques.

Plusieurs options sont possibles: désir d'éliminer au maximum les postulats intermédiaires (si possible postulat unique) ou au contraire présentation progressive avec postulats successifs, électromagnétisme avant ou après la mécanique relativiste, électromagnétisme débutant par la loi de Coulomb ou par les équations de Maxwell.

J'opte personnellement pour le postulat unique d'où peut se déduire tout l'électromagnétisme macroscopique (pour moi, un pos-

tulat inspiré par la loi de Coulomb, mais généralisée). Nombreux sont au contraire les auteurs qui sont indifférents au nombre des postulats successifs: postulat de Coulomb statique, postulat de Biot et Savart et formule de Laplace, équations de Maxwell pour les phénomènes stationnaires, puis quasi-stationnaires,... Il me semble que l'évolution de la physique est en faveur de la réduction du nombre des postulats et des concepts indépendants. Si l'on n'admet pas ce point de vue, si l'on préfère poser des postulats nouveaux au fur et à mesure des besoins, les arguments qui suivent n'ont plus de valeur. Nous rencontrons donc là une première option fondamentale.

Examinons ensuite si, dans la construction de la théorie, la mécanique relativiste doit se placer avant ou après l'électromagnétisme.

Si on veut placer l'électromagnétisme avant la dynamique relativiste il faut nécessairement le placer après la dynamique newtonienne et le traiter dans le cadre de cette dynamique (on a besoin des concepts de force et de masse). Mais j'ai montré que ce point de vue est contradictoire [1] [2][1]; pour avoir une théorie non contradictoire, il faut construire l'électromagnétisme sur la base de la dynamique relativiste.

Examinons enfin le choix du postulat de base. Un accord à peu près général se manifeste actuellement pour le postulat de Coulomb, avec seulement des variantes (à vrai dire très importantes) sur son énoncé. Les rares physiciens qui commencent par les équations de Maxwell présentent en fait une deuxième étude; ils supposent implicitement que les notions physiques de base sont déjà connues.

Grandeurs fondamentales et grandeurs dérivées; cohérence - La définition d'une grandeur physique comporte deux aspects essentiels. Une grandeur physique nouvelle X peut être définie de façon mathématique à l'aide d'un formule qui contient X et d'autres grandeurs déjà connues. Il *faut* en outre définir X opérationnellement, en décrivant un processus physique qui permet la mesure de X en fonction d'un étalon. Bien entendu, la première grandeur ne peut être définie que par le second processus. Deux grandeurs physiques sont dites indépendantes ou fondamentales si elles sont définies seulement de façon opérationnelle avec des étalons indépendants.

Un système d'unités est dit cohérent à n grandeurs fondamentales si toutes les autres grandeurs (dites dérivées) sont définies mathématiquement par la théorie à partir des grandeurs fondamentales et *sans intervention de coefficients arbitraires*. Par exemple, le système des grandeurs géométriques à une grandeur fondamentale, la longueur, est dit cohérent si la surface S d'un rectangle de cotés a et b est $S = a\,b$; il est incohérent si nous introduisons un coefficient arbitraire k en écrivant $S = k\,ab$.

Dans l'état actuel de la physique, les systèmes de la mécanique

[1] Ces chiffres entre crochets se rapportent à la bibliographie annexée en fin d'article.

comprennent tous trois grandeurs fondamentales: le temps, la longueur et la masse. *Ce sera notre point de départ.* Mais j'insiste sur le fait que ce nombre 3 est arbitraire et provisoire. La relativité et l'évolution de la métrologie tendent à le réduire à 2 dans un proche avenir et je pense que le système de l'avenir n'aura qu'une grandeur fondamentale, le temps. L'évolution récente, dont est responsable le système Giorgi, porte au contraire à 4 et même à 5 le nombre des unités fondamentales; elle est à contre-courant de l'évolution scientifique, donc condamnée à brève échéance.

SYSTÈME COHÉRENT RÉPONDANT AUX IMPÉRATIFS PRÉCÉDENTS. — En définitive, nous cherchons pour l'électromagnétisme un système cohérent utilisant les 3 grandeurs fondamentales de la mécanique et subordonné de façon naturelle à la théorie déduite du postulat de Coulomb (naturelle, c'est-à-dire sans faire intervenir des constantes ou des postulats arbitraires). Je vais montrer que ces impératifs conduisent à un système bien déterminé.

La première grandeur rencontrée en abordant l'électromagnétisme est la charge électrique ε. Elle est définie par le postulat de Coulomb

$$F = \frac{\varepsilon^2}{r^2} \tag{1}$$

exactement comme par exemple la surface S d'un rectangle est définie par $S = a\ b$. Si on écrit avec une constante arbitraire K_o

$$F = \frac{\varepsilon^2}{K_o r^2} \tag{2}$$

on obtient un système incohérent. En effet, la formule ne peut définir que $\frac{\varepsilon^2}{K_o}$; l'une des grandeurs est arbitraire.

Avec (1), la grandeur ε est une grandeur dérivée, et nous allons obtenir un système ne contenant que les trois grandeurs fondamentales de la mécanique. Le système Giorgi pose au contraire que la charge doit être une quatrième grandeur fondamentale. On peut certes obtenir ainsi un système cohérent à 4 grandeurs, mais à condition de définir ε opérationnellement *et indépendamment des concepts mécaniques*; alors le coefficient K_o serait expérimental, par exemple au même titre que la constante de gravitation. Mais je n'ai trouvé nulle part une telle définition opérationnelle. On se borne à utiliser (2) avec ε et K_o. Mais, comme on ne peut définir deux grandeurs avec une formule, en fait le système en question est un système incohérent à 3 grandeurs.

Poursuivant le développement de la théorie, l'introduction du concept de champ magnétique s'effectue chez tous les auteurs à l'aide d'un postulat supplémentaire, les lois postulées de Biot et Savart et de Laplace. C'est donc une cassure logique de la théorie, à l'occasion de laquelle on introduit une deuxième constante arbitraire μ_o.

J'ai proposé d'éliminer cette cassure [1] [2], et c'est içi le point essentiel de mon article.

La transformation de Lorentz permet, à partir de (1), de calculer l'interaction entre deux charges ε_A et ε_B animées de vitesses uniformes quelconques $\vec{v}$ et $\vec{u}$; la force sur ε_B est

$$(3) \qquad \vec{F} = \varepsilon_A \, \varepsilon_B \, \frac{1-\beta^2}{s^3} \left[\left(1 - \frac{\vec{v}\,\vec{u}}{c^2} \right) \vec{r} + \frac{\vec{v}}{c^2} \left(\vec{r}\,\vec{u} \right) \right]$$

c étant la constante relativiste et s une fonction de la vitesse $\vec{v}$ et de la distance des charges.

Décomposons $\vec{F}$ de la façon suivante

$$\vec{F} = \vec{F}_e + \vec{F}_m \qquad \vec{F}_e = \varepsilon_A \, \varepsilon_B \, \frac{1-\beta^2}{s^3} \, \vec{r} = \varepsilon_B \, \vec{E}$$

$$\vec{F}_m = \varepsilon_B \, \vec{u} \wedge \left[\frac{1-\beta^2}{c^2} \, \frac{\varepsilon_A \, \vec{v} \wedge \vec{r}}{s^3} \right] = \varepsilon_B \vec{u} \wedge \vec{B}$$

$$\vec{E} = \varepsilon_A \, \frac{1-B^2}{s^3} \, \vec{r} \qquad \vec{B} = \frac{1-\beta^2}{c^2 \, s^3} \, \varepsilon_A \, \vec{v} \wedge \vec{r}$$

L'expression de $\vec{B}$ se réduit, aux faibles vitesses, à la loi de Biot et Savart. Les formules précédentes sont les formules cohérentes. Pour avoir des formules susceptibles d'être utilisées dans tous les systèmes, on introduit trois constantes arbitraires K_0, μ_0 et c_0 en écrivant les formules comme je le fais dans mon livre d'Electricité (2).

A partir de là on développe toute l'électricité. Les équations de Maxwell du vide s'écrivent, en système cohérent

$$\text{rot } \vec{E} = - \frac{\delta \vec{B}}{\delta t} \qquad \text{rot } \vec{B} = \frac{1}{c^2} \, \frac{\delta \vec{E}}{\delta t}$$

et les relations entre champ et induction dans le vide

$$\vec{D} = \vec{E} \qquad \vec{H} = c^2 \vec{B}$$

Seule intervient la constante relativiste c *due à la transformation de Lorentz* (*et non à une convention arbitraire*). Ces considérations condamnent en particulier le système Giorgi et le système de Gauss. Dans le premier, la constante c n'apparait pas explicitement; elle est remplacée par deux constantes K_0 et μ_0. Dans le second, on a bien c, mais cette constante est introduite arbitrairement et se trouve placée de façon incorrecte. Il ne faut pas perdre de vue que c est une constante fondamentale ayant un sens physique; on ne peut en disposer arbitrairement.

CONSEQUENCES PRATIQUES. — Pour les calculs théoriques, deux attitudes sont possibles. Si on veut dégager le sens physique des formules, reconnaitre si elles sont ou non relativistes, il faut les écrire

dans le système cohérent, avec la seule constante c. C'est la véritable attitude scientifique. Mais on peut aussi, pour des raisons purement pratiques de commodité bibliographique, désirer avoir des formules qui permettent de se retrouver aisément dans tous les textes. Dans ce cas, je conseille de calculer avec les 3 constantes K_0, μ_0 et c_0. *Dans tous les cas, je déconseille vivement l'emploi du système Giorgi ou du système de Gauss*, car ils sont générateurs d'idées fausses.

Pour les calculs numériques, le choix du système dans lequel sont écrites les formules est indifférent, car aucun système ne nous présente d'unités commodes pour tous les cas. Il est rare que les données d'un problème soient toutes exprimées avec les unités d'un seul système. Par exemple, on doit calculer la résistance d'un fil téléphonique de x km, de d mm de diamètre et de résistivité ρ $\mu\Omega/cm^2$. Il faut donc presque toujours transformer. Bien sûr, on peut poser un problème et le résoudre entièrement en Giorgi. Mais c'est artificiel et sans rapport avec les problèmes réels; c'est l'attitude de l'autruche. Je renvoie à l'Appendice II de mon Electricité pour un commentaire plus détaillé.

CONCLUSION. - Il serait, je crois, très utile de réunir un colloque sur ces questions. Son objet essentiel ne serait pas le choix du système, mais l'étude des impératifs qui doivent présider à ce choix. Je suis persuadé que la vanité de nombreuses discussions antérieures provient d'une insuffisante définition des mots employés et des mobiles qui nous poussent à telle ou telle attitude.

Rabat, Faculté des Sciences.

H. ARZELIÈS

BIBLIOGRAPHIE

[1] H. ARZELIES. - *Dynamique relativiste.* Gauthier-Villars, 1957.
[2] H. ARZELIES. - *Electricité.* Gauthier-Villars, 1963.

INDUCTIVE INFERENCE BY INTELLIGENT MACHINES*

The process of inductive inference is one of the outstanding properties of human intelligence. Intelligent machines such as computer programs possess this property to some degree but they are mainly deductive in their operations. Current chess-playing and dialogue programs are discussed as examples. An inductively reasoning dialogue program, now being developed by the authors, is described.

DEFINITIONS. — By « intelligent machines » we mean modern computers containing a program and input-output connections with an external world. Through these connections a machine can interact with this world by detecting events outside itself, cause effects in the world by its output and in turn detect some of these effects.

For hundreds of years various definitions of inductive inference have been offered (Kyburg, 1964). There seems to be general agreement in defining deductive inference as demonstrative, explicative (i. e., no terms in the conclusion not found in the premises) and not having terms in the conclusion more general than in the premises. An argument is deductive if and only if the premises guarantee the conclusion. While widespread consensus in defining inductive inference has not been reached, it seems agreed that inductive inference is necessarily non-demonstrative, can (but not necessarily) contain general terms in conclusions which also can (but not necessarily) contain terms not found in the premises. Premises of an inductive inference do not guarantee a conclusion but provide sound or good reasons for accepting it as credible. Since credibility of a conclusion is crucial, we shall discuss the process of inductive inference in terms of a belief system.

A belief consists of a proposition held as credible by a system composed of interrelated beliefs and procedures for their processing. We postulate a belief as a configuration of concepts represented in a directed graph made up of nodes and bonds. The nodes are concepts and the bonds are the relations between them. Each belief is held with a particular credence which represents a degree of credibility. Credibility is not probability. For example, the sum of the credences on a belief and its negation may be greater than 1. Each belief is also held with a charge representing a degree of import. Procedures for processing beliefs include estimating relevance, computing similarity, finding conflict, weighing evidence, etc.

* This research is supported by Grant MH 06645 from the National Institute of Health.

Inference is a reasoning process whereby the credibility of a belief can be evaluated on the basis of the credibility of other beliefs related to it by criteria of relevance. Reasoning processes involve both deductive and inductive argumentation as defined above. To be more explicit let us consider a hypothetical example of everyday reasoning. We shall modify a classical example used by Descartes, Leibnitz and Peirce in their discussions of inductive inference.

A Common Man's Reasoning. — Suppose a common man reads an English book. Being a native speaker, he knows it is a book written in English which makes sense in the one language with which he is familiar. He can identify the book as a member of the conceptual class of English books. Noting the letters which make up the words (letters and words also being members of conceptual classes) he wonders what their frequencies might be in this book. (Why he wonders this we will discuss later in connection with generating hypotheses). After counting the letters found on several pages of the book he forms the hypothesis: « This book contains 11.25% e's, 8.5% t's, 8.0% a's... etc., » i.e., his hypothesis states the frequency of occurrence of each letter of the English alphabet. At this point his hypothesis represents a belief with some degree of credibility in his belief system. To test this hypothesis in order to raise or lower its credence, he then counts all the letters on all the pages of the book (hopefully small). If his initial frequency distribution holds up « roughly », he will then assign a greater degree of credibility to the hypothesis. He may then form a second and more general hypothesis as a candidate for credibility assignment: « All English books have 11.25% e's, 8.5% t's, 8.0% a's... etc. »

To test this general hypothesis he then examines several English books to see if these percentages hold up. If they do, then he will say that he has established as highly credible his generalization about this property of English books.

Whenever he comes across an English book whose letters he has not yet counted, he will predict that this book contains 11.25% e's, 8.25% t's, 8.0% a's, etc. on the grounds of his belief that all English books share this frequency distribution of their letters. The form of his reasoning in terms of beliefs is as follows:

B_1: All English books contain 11.25% e's, 8.5% t's, 8.0% a's, ...etc.

B_2: This is an English book.

B_3: Therefore, this book contains 11.25% e's, 8.5% t's, 8.0% a's... etc.

Testing his initial hypothesis and then his generalization led to the establishment of B_1 as credible. B_2 is credible on grounds of

other properties which led him to believe the new book is English. B_3 is credible on the grounds of B_1 and B_2. The conclusion B_3 about the examined book has been arrived at by deductive inference. Deductive inference is used to arrive at B_3 while inductive inference was used to establish B_1 by knowing « this is an English book » and « this book contains 11.25% e's, 8.5% t's, 8.0% a's,... etc. »

One day our common man comes across an object he can identify as a book containing written symbols he does not recognize. He may dismiss it as being in a foreign language or he may wonder whether it is really an English work written in some code. That is, he forms as a hypothesis B_2: « This is an English book ». He can test this hypothesis by counting the frequencies of the symbols and then establish it as credible by using B_1 and B_3 in his reasoning. Thus if he finds one symbol has a frequency of 11.25%, another has a frequency of 8.5%, etc., he can perform a further test by the appropriate substitutions. If the coded words begin to make English sense he will conclude « This is an English book ». He may be incorrect, of course, because his generalization B_1 states « *All* English books... etc. » but not « *Only* English books... etc. » But his inductive argument is sound and it is typical of much of common sense reasoning.

Fundamental to the process of inductive inference is a conceptual classification and the ability to identify entities as members of classes. An entity is defined by its properties and relations to other entities. Properties are class concepts. Given a belief about the class membership of an entity, e.g., « this is an English book », some of its properties, not used to identify it, can be predicted. Given a belief about properties, e.g., « this book contains 11.25% e's, 8.5% t's, 8.0% a's... etc. », one can predict the class of which the entity is a member. A class can be termed « good » or « useful » when it fulfills a variety of functions for the classifier. Useful classes are ones rich in informational implication in two senses [1]: belief that an entity is a member of a class implies the entity will be found to have many properties, in addition to those used for identification, in common with other members of the class and [2] relations between the classes yield propositions or beliefs implying many other beliefs about a domain of interest.

COMMON MAN, SCIENTIST, LOGICIAN, IDEAL MAN. — An empirical scientist, knowing how our common man arrived at his conclusions, would not find them quite so credible. For instance, the belief B_1: « All English books contain 11.25% e's, 8.5% t's, 8.0% a's... etc. » was established as credible on the basis of examining several English books. This group represents a subset of English books but it is not known to be a fair or large enough *sample* to justify a statistical conclusion containing the term « all ». When the books examined do not

constitute a fair sample, the scientist would claim that the inductive reasoning from particulars to class is not acceptable.

But the « all » of the scientist is not quite the « all » of the common man who knows nothing of sampling problems. As a result of his work the scientist tries to make true statements about universal classes. But universal classes do not exist for the common man. What he means in asserting B_1 is simply that every English book he has examined in the past has shown these percentages and he expects *the next English book* he examines will also demonstrate them. Notice that his belief B_1 is a conclusion from past particulars used as a guideline for expectations about future particulars. When told there exists an English book without the letter « e », he will suspect it was purposely written that way (he is right) or it is such a rare anomaly that he will continue to hold B_1 with a high degree of credibility. When informed about the effects of biased samples he may concede but at the same time add that he reasons this way about thousands of things in the everyday world with some success in that he gets what he wants and where he wants to go in a nonrandom way.

The logician, while admiring the common man's deductive argument, resulting in the conclusion B_3, has doubts about the establishment of B_1 on the basis of examined particulars since he believes inductive reasoning cannot be justified. The common man has never heard of the problem of the justification of induction. The scientist may have heard of it but dismisses the objection as another example of the way philosophers are able to tie themselves in knots by applying deductive criteria to inductive argument. To a scientist, as to a common man, inductive inference is justified pragmatically, not logically, on the basis that we may profit from experience.

The logician, seeking certainty, would like the common man and the scientist to reason according to the deductive ideal. An ideal man commits no logical fallacies. He knows that given « if A, then B » and A is the case, therefore B follows. But the common man and scientist repeatedly commit this fallacy of asserting the consequent when they state « if A, then B: B is the case, therefore A ». Their conclusion, « therefore A », is not certain but more credible than not. Besides gaining certainty in reasoning, the logician would like the ideal rational man to have perfect memory, to assign credibilities correctly, to possess no inconsistent beliefs, to retrieve always beliefs of greatest relevance, to not allow distortions produced by affective processes and to be free of fatigue.

We feel that intelligent machines should not attempt to behave like the ideal man since they would not be suitably adapted to the real world. If an intelligent machine is to grow and thrive in the real world, it should reason like the common man at the start and later try to approximate the scientist. Deductive logic holds that

if the premises are true, then the conclusion must be true. In the real world the trouble always lies in the truth-status of the premises. This status is seldom as clear cut as the true-false dichotomy of the logician. Deductive inference is not quite as certain as often made out. It has its own weaknesses in that essential premises may be unknowingly omitted, there may be ambiguities in the semantic meanings of the undefined terms and hidden contradictions can break out at any time.

The limitations of deductive argument proposed by theorems of Gödel, Tarski and Church should not hinder computer programs any more than they hinder the common man or the scientist in dealing with the real world. Perhaps one cannot formalize empirical inference but there is no need to. The deductive ideal is inappropriate for an intelligent machine which should profit from experience in spite of uncertainty and complexity in the world and « irrationality » in itself. To elaborate on our insistence regarding the importance of inductive inference for intelligent machines let us consider a few current computer programs.

Some Current Intelligent Machines. — Computer programs which play chess exhibit intelligent behavior by human standards. The Stanford University and Carnegie Institute of Technology chess-playing programs work in similar fashion. They are given a number of general principles or heuristics as starting knowledge by human programmers. The programs' task is to evaluate each board position in the course of a game using these heuristics and to select a move consonant with the goal of winning the game.

Do these chess-playing programs engage in inductive inference? The answer to this question depends upon how inductive inference is defined. The program does not discover or establish heuristics. It uses them in a deductive manner just as B_1 and B_2 were used to arrive at B_3 in our specimen book example. If inductive inference is defined loosely as any non-demonstrative argument whose conclusion is only probable, then a chess-playing program participates in inductive inference. But if the definition requires the formation and establishment of a general rule, then these chess-playing programs do not engage in inductive inference.

To illustrate, suppose the heuristic rule given to the program states: « In rook and pawn endings with a passed pawn (A), the rook should be behind the passed pawn (B). » Once the board position is indentified as being a rook and pawn ending with a passed pawn, the program will place the rook behind the pawn. The reasoning is deductive, following the argument if A, then B: A is the case, therefore B. The task of the program is only to recognize that A is the

case, or, in terms of our book example, to hold as credible B_1 and B_2 Once the identification or recognition is made, an action-rule dictates what is to be done as a deductive conclusion. Perhaps the pattern recognition is inductive. No, because there exists a heuristic telling the program what the characteristics are of a rook and pawn ending with a passed pawn.

At some time in the history of chess a human player generated the hypothesis (how, we don't know) that rook-behind-passed-pawn was a good strategy. Tested many times in practice, the hypothesis became a belief of high credibility and ultimately achieved the status of a heuristic found in chess books and in chess-playing programs. Someone learning chess today learns this principle from books or other players and he uses it as a guideline in his play. There is no guarantee that rook-behind-passed-pawn is *always* the best position but « in general » it is and the general principle remains in the repertoire of every good chess player.

It is possible and highly probable that some human players discover this principle and its value by themselves in playing or analyzing their own games. Current chess programs do not discover or generate general principles new to them. But there is nothing to preclude a program from generating and establishing heuristics. If a program could generate hypotheses for testing and accumulate experience as does the common man, it should be able to discover and establish heuristics of its own. They may not be novel in that human players have already discovered them but they would be original for the program. In time, with nothing else to do but play chess, a program might find heuristics as yet unknown to human players. Each generation of grandmasters finds new heuristics and there exists no demonstrated theoretical principle of impotence asserting a chess-playing program could not.

A checker-playing program (Samuel, 1959) learns from experience and improves its performance over time. This improvement comes about through better application of evaluation functions given by the programmer. No new evaluation functions are discovered by the program from its experience. Like chess-playing programs, its reasoning is deductive.

It might be argued that very few human chess or checker players generate hypotheses and establish heuristics. Human players improve by being told new heuristics or learning them by painful example from a winning opponent. They gain skill in recognizing which of several heuristics applies best in typical board positions. One advantage a chess grandmaster has over an average player lies in his great memory of crucial board positions in which a decisive turn of events occurred through the use of a certain heuristic. He reasons by analogy from a large stock of situations whose outcome he remembers. But grand-

masters do discover new general principles. Some they tell others about, some they keep secret for professional reasons and some they cannot articulate. It would be hoped that future chess-playing programs could emulate grandmasters not only in playing skill but in discovering new general principles.

Another type of program which behaves intelligently, or seems to, is a dialogue program which participates in conversations with humans in natural language (Colby and Enea, 1967). Our particular program limits the domain of discourse to the beliefs, attitudes, opinions, etc. of the person participating in the man-machine dialogue. It is able to identify word input expressions as members of syntactical and semantic classes. Recognition of this linguistic pattern leads to an output of a natural language expression appropriate for a person in the context of an interpersonal dialogue. The program asks questions, makes sensible replies, semantically « understands » at a primitive level and creates an illusion of understanding much more than it does. In its present state it makes little attempt to establish generalizations except for one situation in which it attempts to form and test a cause-effect relation. When a person types in a sentence having the syntactical pattern (When (1st-noun-group) (1st-verb-group) (2nd-noun-group) (2nd-verb-group)), the program asks « (2nd-noun-group)* (2nd-verb-group)* because (1st-noun-group)* (1st-verb-group)*? » For example, if the input sentence were « When my father died my mother became depressed ». The program would ask « Your mother became depressed because your father died? » and if the person replies affirmatively the two beliefs are stored with the second as a reason for the first. To be more inductive it should store as a candidate for generalization the implication « if x is married to y and y dies, then x becomes depressed ». In future dialogues if the left or right part of the implication is found, the program should ask a question about the implication designed to raise or lower the credibility of the general rule.

The main defect in present dialogue programs consists of their inability to build up from conversation with humans a memory structure organized in such a way that extensive inductive reasoning can take place as a result of empirical experience. Future intelligent machines will have this ability. To illustrate, we will describe a dialogue program we are currently developing at Stanford.

AN INTELLIGENT MACHINE WHICH REASONS INDUCTIVELY. — An intelligent machine should learn from experience by combining what knowledge it has with inputs from persons with whom it can converse. Like the common man it should begin as a child and gradually become an adult. Its practical goal should be to achieve the reasoning abilities,

both inductive and deductive, found in everyday reasoning. As an ideal it might strive towards that refinement and correction of common sense knowledge characteristic of the empirical scientist.

The computer program we are experimenting with contains at the start some elementary conceptual knowledge, procedures which can be activated by relevant input, an ability to recognize syntactic-semantic patterns in natural language and an ability to respond using natural language expressions. The program begins, as a child, with an elementary vocabulary which can be used to express belief propositions about the human world. The program also has a small set of goals (such as seek new information, avoid severe conflict, etc.) and procedures for evaluating whether or not these goals are being achieved. Since the program has little starting information, it will ask a great deal of questions in its dialogues much as a human child does as he seeks to understand his world of experience.

When perplexed, a human child asks questions of his parents or other adults whom he believes to be reliable sources of information. Perplexity arises when a child does not know a word-name for an object or event or when he recognizes some inconsistency between two beliefs. A child has goals such as novelty, security, response, approval. He not only notices and identifies events by means of his conceptual classification but he also evaluates in terms of these goals how he « feels » about beliefs. The questions [1] « What is it? » and [2] « Do I like it? » characterize the exploratory phase of human cognitive and affective functioning. The evaluation « Do I like it? » means « is this good for me relative to my goals? » Such an affective evaluation is essential for an intelligent machine dealing with a world of human objects having similar goals.

It has been claimed (Bronowski, 1966) that humans possess a knowledge of self which a machine cannot possess since this knowledge cannot be formalized. We would claim that knowledge of self is not formalized in a human and the program of an intelligent machine is not necessarily a formalization. A person has only partial knowledge of self just as a computer program can only look at a part of itself. An intelligent machine can have a model or partial representation of itself and use this model for understanding by analogy persons with whom it communicates. Thus psychological properties of empathy, imitation and identification can characterize an intelligent machine which finds similarities between its model of itself and the models of persons it develops through experience.

Inductive inference by humans relies upon the generation and testing of hypotheses about conceptual classes. Future intelligent machines must develop these abilities and they should attempt it the way humans attempt it. How do people form hypotheses? It seems they notice some event, entity, property or relation in the world,

identify it as a member of a conceptual class and then wonder about further relations with members of the class or about some relations between classes. In our book example, the common man could identify an English book based on some of its properties. He was also familiar with the property of letter frequency. He then wondered if a particular letter frequency was an additional property of English books. Humans develop a conceptual classification used to identify and to reason about events of experience. Beliefs as configurations of classes provide the data-base for hypothesis formations. The crucial question is which properties are attended to in classification, identification and hypothesis formation. Since all known properties are not used, and every conceivable hypothesis is not wondered about, selective mechanisms involving relevance, similarity and continuity between events or entities must be called into play.

When an intelligent machine's environment is purely linguistic, that is when it learns solely from dialogues with humans, questions arise regarding the reliability of the information it acquires. A human child has sensori-motor equipment for searching and testing his physical and social environment. In his first two years of life he can acquire through his own experience such concepts as similarity, cause-effect, quantity, etc. and correlate these with the appropriate linguistic wordnames of his culture. Future intelligent machines should possess the equivalents of eyes, ears, hands and feet. In the meantime, an intelligent machine such as ours, is limited to forming concepts and beliefs based on testimony of persons. It must be primed with the knowledge that, for example, cause-effect relations exist and they can be discovered in the descriptions of events persons offer. In our example on p. 7, the program knows initially that whenever event B follows event A, A may be the cause of B. Hence an input expression such as « when my father died my mother became depressed » is recognized as describing a potential cause-effect relation worthy of further testing by asking questions or making statements to persons for corroboration.

From his own sensori-motor experience, with himself, and with others, in correlating what people do with what they say, a human child learns that language is used to express internal states of a speaker and to describe intentions of a speaker towards a listener. Recognition of this distinction is necessary for an intelligent machine trying to understand persons with whom it converses. In our experiments with man-machine dialogues it has been readily observed that both within and across persons attempts are made by commands and questions to get information from the machine as well as to express thoughts and feelings to the machine. Since a machine participating in dialogue is not simply a passive observer, but generates output expressions, it is in a position to make use of this dual function of language.

Once acquired, testimony of persons can be searched for implications and their inconsistencies. Inconsistencies lead to perplexity and an attempt is made to dispel perplexity by the empirical test of questions or by deductive reasoning. In each dialogue the program attempts to learn more about what it does not know by matching input with what it already knows. It seeks corroboration of its credences up to some degree. Once this degree of credibility is attained, corroborations are no longer sought. These beliefs retain their credences unless major inconsistencies develop whereupon adjustments of the credibility weights must be made.

Our intelligent machine does not accept or reject beliefs as the logician assumes a scientist or ideal man should do. Rather, like the common man and like the working scientist, all beliefs are accepted by the system. Beliefs differ in degree of acceptance as measured by their degrees of credibility. The program does not attempt to carry out all the known reasoning functions of humans. It is limited to developing a belief system about people based on their descriptions of interpersonal behavior and on their linguistic interactions with the machine. Future intelligent machines will not be so limited and may not even look like what we now recognize as a computer. The activity of these machines, as that of current computers, is highly relevant to the epistemological question humans like to ask themselves « How do we know? »

Stanford, University, Department of Computer Science.

K. M. COLBY and H. ENEA

REFERENCES

[1] Bronowski, J. *The Identity of Man*. Natural History Press, New York (1966).

[2] Colby, K. M. and Enea, H. « Heuristic methods for computer understanding of natural language in context-restricted on-line dialogues. » *Mathematical Biosciences*, Vol. I (1967). In press.

[3] Kyburg, H. E. « Recent work in inductive logic. » *American Philosophical Quarterly*, 1, 249-287 (1964).

[4] Samuel, A. L. « Some studies in machine learning using the game of checkers. » *IBM Journal of Research and Development*, 3, 210-229 (1959).

ROBERT KOCH AND HIS CONTRIBUTION TO BACTERIOLOGY

Robert Koch's bacteriological work falls into several well-defined periods. While a general practitioner, in his spare time, he laid the foundations of his great reputation by his work on the aetiology of anthrax and experimental wound infections. This led to his appointment to the Reichgesundheitamt in 1880. During his first five years in the department he introduced the use of solid culture media in bacteriology and discovered the causative organisms of tubercolosis and cholera. But from the age of 42 years to his death the importance of his personal work declined although through his pupils, who include some of the most famous names in the history of bacteriology, his influence continued. Partly because the scandal of his divorce made life uncomfortable for him in Germany, much of his time in later life was spent investigating tropical diseases, not of bacterial origin. His contributions in this field were not of major importance and, indeed, because of his great authority, his pronouncements were sometimes actually harmful. Koch, who all his life had lived up to his motto « Nunquam otiosus » was active in science to the end of his life, reading his ast paper to a meeting only six weeks before his death, in 1910.

Robert Koch was born in the Harz mountains in Germany, in 1843, son of a mining engineer. As a boy he was a keen naturalist and for the whole of his life took an amateur interest in botany. He studied at Göttingen University where he had a thorough scientific education including student research experience. After qualification he did a variety of jobs, including service in the army, before settling, at the age of 29, in the remote village of Wollstein in East Germany. Koch's working life falls into several well-defined periods which we may enumerate and then consider in greater detail.

As soon as he settled in Wollstein as a general practitioner, he set aside part of his consulting room for microscopical work. It has been said that his wife saved up the money to buy his first microscope from her housekeeping money but whether this is true or not I do not know. Certainly it would be a mistake to regard Koch as poor and he seems to have equipped himself with a very good, little laboratory. It was during his 8 years at Wollstein, in his leisure moments, that Koch laid the foundations of his reputation as a bacteriologist and, indeed, had he never done anything else but his work at Woolstein he would still be regarded as one of the greatest bacteriologists of all time.

At Wollstein Koch did work on anthrax, on technical matters such as staining and photomicrography of bacteria and published a classic paper on the bacteriology of wound infections. This distinguished work led to an appointment at the Reichsgesundheitamt in Berlin, nominally as a physiologist, in 1880, when he was 37 years old. During the following five years Koch made the discoveries which laid the foundations of clinical bacteriology. He described his technique

for obtaining pure cultures on solid media, certainly the most important single contribution ever made to the science of bacteriology and he made fundamental studies on the cause of tuberculosis and cholera. At the age of 42 he was made professor of hygiene in the University of Berlin and later director of a newly founded Institute of Infectious Diseases, but made no more discoveries comparable with his days at Wollstein or at the Reichsgesundheitamt. He started the first course in practical bacteriology and through his pupils continued to develop his subject. The names of his pupils, like Henry V's Agincourt role, are, to the bacteriologist, 'familiar in his mouth as household words'; Leoffler who isolated the diphtheria bacillus, Gaffkey who first cultured the typhoid bacillus, Ehrlich the great immunologist and founder of scientific chemotherapy, von Behring the discoverer of antitoxin and von Wassermann whose name must, even to-day, be mentioned at least once a day in every hospital in the world - all these, and many more, were Koch's pupils and some of the credit for their work belongs to him.

There is an element of sadness in the twenty years of Koch's maturity. He made no more discoveries of the first importance and in the field of tuberculosis, where his original work had been so brilliant, he caused disappointment and confusion by publishing a worthless method of treatment and by denying the importance of cattle as a source of human infection, errors all the harder to overcome because of Koch's great authority.

About 1890, at a time when Koch's claims for his tuberculin treatment of tuberculosis were being sharply criticized and he was under much pressure of responsibility and over-work, Koch got into the habit of making regular visits to a theatre in the neighbourhood of his laboratory. Here he made the acquaintance of a young actress with whom he fell in love. Such was his passion that he obtained a divorce from his first wife and married his actress. This act did Koch great harm in scientific and social circles, particularly as Koch's autocratic behaviour had made him not a few enemies. Metchinkoff recalled that at the 1892 Congress of Medicine Koch's new marriage formed the main topic of conversation and excited more interest then the scientific papers.

Koch was principle medical advisor to the German Colonial Office and from 1896 onwards seems to have managed to spend a great deal of his time in the tropics investigating mostly diseases caused by protozoa rather than bacteria. In 1904, when aged 61, he resigned his directorship of the Infectious Diseases Institute so as to be able to spend most of his time abroad. From boyhood he had had the ambition to travel to exotic places and study obscure tropical diseases, and his later years were probably some of the happiest in his life when, perhaps, he managed to recapture some of the thrills of the old Wolls-

tein days. It is likely that Koch who was, at heart, a simple character was much happier investigating exotic diseases in the tropical bush with one or two devoted, younger colleagues than playing his Excellency, the Director in high political and social circles in Berlin. Tuberculin was a great disappointment to him and he may well have felt, bitterly, that had he been but left alone to continue his researches in peace there would never have been such a humiliating fiasco.

It cannot be said that Koch's tropical investigations achieved anything considerable and, indeed, his authoritative pronouncements were, sometimes, unfortunate. But some interesting observations he did make. He went to British South Africa to investigate rinderpest of cattle and also showed that the « coast fever » of cattle was caused by a similar protozoon to that which caused Texas Fever. He studied plague in India and malaria in Java, Sumatra and Malaya. The scene of Koch's most extensive tropical experience was East Africa which he visited for prolonged periods on three occasions, in 1897-98, 1905 and 1906-7. He worked mainly in Tanganyika in co-operation with the German medical authorities there. Although no longer young and the amenities of East Africa were, at that time, small he trecked about indefatigably. There was a mysterious outbreak of fever in the Usumbara mountains. Koch arrived with his microscope (the first ever seen in that area) and quickly identified the fever as malaria and drew attention to the greater susceptability of the inhabitants of the mountains to that disease as compared with the habitual plain-dwellers. He was given a room in the new medical laboratory at Dar-es-Salaam where he discovered that monkeys harboured a kind of malaria parasite and trained a young attendant, named Hassani Selemani, who continued work in the laboratory until his death in 1941. Koch's subsequent work in East Africa was largely concerned with sleeping sickness and, in 1906, he suggested that trypanosomes actually underwent a cyclical growth phase in tsetse flies and was not merely transmitted mechanically. Unfortunately he went on to describe a sexual cycle analagous to that of the malaria parasite which does not, in fact, occur. Koch studied the distribution of the disease which appeared to have spread southward from Uganda and thought that crocodiles were the most important hosts for the tsetse flies. He tested Ehrlich's new arsenical compound, Atoxyl, on sleeping sickness patients which he found effective but was, unfortunately, too optimistic in his statement that it was as good as quinine in malaria. He lived and worked in an abandoned Church Missionary Society station on Bugalla, in the Sesse Islands. In August 1906 he visited Uganda where the British sleeping sickness commission had its laboratory and in the following year came back again, this time to Kampala, where he stayed the night with the Cooks at Mengo Hospital. Sir Albert Cook records that Koch was «modest and unassuming», and « made a thorough inspection of our

hospital ». Koch was offered space in the new British sleeping sickness commission laboratory but this had recently been moved, on account of the fears of the inhabitants of Entebbe, to an isolated hilltop at Mpumu - a 23 mile rickshaw drive from Kampala. Koch regretted that he could not accept the offer and privately remarked to the senior medical officer, that although the laboratory was magnificent the position quite impossible, and went on to say that if any German colonial official had put up a laboratory in such a place he would be dismissed the service. Koch was shocked to find that the laboratory in Uganda was not open on Sundays but his efforts to have it opened seemed to be regarded as irreligious. He stirred up a theological controversy there among the missionaries at Mengo by propounding his view that it was only after the Fall that idle man had seized on the idea of resting every seventh day!!

For some years prior to his death Koch suffered from occasional attacks of some circulatory disturbance but had no thought of retirement. He was at work until the last, reading his last scientific paper only six weeks before his death from cardiac failure, in May 1910

THE WOLLSTEIN PERIOD. — By the 1870's, thanks largely to the work of C. Davaine, there was much evidence that at least one disease of man and higher animals was due to a bacterium - anthrax. Nonetheless there was some doubt, particularly on certain points, when Koch took up the study of the disease as seen in cattle. In particular it was not understood how certain pastures could remain dangerous from the infective point of view throughout a winter. Since the contagium of anthrax certainly maintained itself over winter in certain fields Koch reasoned that the bacilli must form spores, organs which were already known in saprophytic bacteria. His work was primarily designed to demonstrate this phase of the bacillus life-cycle. He inoculated mice with anthrax blood and maintained the infection through 20 generations from the original material and cultivated the anthrax bacilli in beef serum, or aqueous humor of an ox-eye, on a microscope slide, in a home-made moist chamber and incubator. He arranged his apparatus so that he could continuously watch the development of a particular bacillus and saw the development of highly refractile spores, which he likened to a string of pearls. Taking a preparation of spores dried on a coverslip, Koch added a drop of aqueous humor and watched the development of bacilli from spores and yet a further generation of spores from these bacilli, and he showed that the inoculation of dried spores produced anthrax in mice.

Koch showed further that exactly similar bacilli found in hay, which also produced spores, did not cause anthrax on inoculation thus demonstrating clearly for the first time a species difference with

respect to pathogenicity of two morphologically similar bacteria. In Koch's own words « It follows, therefore, that only a species of bacillus is able to cause this specific disease, while other schizophytes have no effects or cause entirely different diseases when inoculated... ». Koch demonstrated his experiments at the University of Breslau in April 1876 to F. Cohn, actually professor of botany but one of the founders of bacteriology. Cohn did all he could to forward Koch's interests and published his work in his own journal the same year.

In the following year Koch published the second important contribution of his Wollstein period - a paper on the technique of staining bacteria for microscopical examination and photography. Looked at to-day the subject seems very elementary but it must be remembered that, at the time, the most experienced bacteriologists examined their bacteria fresh and unstained in a drop of culture fluid and with relatively lower powers of the microscope.

It was Koch who introduced the technique, now used universally, of making thin smears of bacteria containing fluid on glass slides or coverslips, fixing and staining them and examining them under high power, oil-immersion lenses. To-day we simply heat our dried films to fix them but Koch, who was anxious to preserve bacteria as little distorted as possible, tried various fluid fixatives eventually settling on an aqueous solution of potassium acetate. Weigert had already shown that haematoxylin was a suitable stain for bacteria but Koch introduced the use of analine dyes of which such a large range was becoming available. The methyl violet and fuchsin which are used everyday in a modern bacteriological laboratory were found by Koch to be the best.

The last piece of Koch's work dating from his Wollstein period was his « Investigations into the Etiology of traumatic infective diseases ». This beautiful series of experiments and observations, described and discussed with the utmost lucidity, was immediately recognized as the « classic » it is and translated into English in 1880, the year after its publication in Germany.

The group of diseases Koch proposed to investigate was the supposedly infective diseases which complicated injuries and surgical operations; such as local suppuration, erysipelas, septicaemia and pyaemia. But, with only the material and facilities of Wollstein available to him, Koch abandoned any idea of working with human material and set to work to reproduce analagous diseases in rabbits and mice.

Koch was by no means the first to study the bacteriology of this group of diseases. Rindfleisch, in 1866, had noted bacteria in metastatic abscesses in a case of pyaemia, as had Birch-Hirschfeld and Klebs in septic wounds. All observers agreed that bacteria were difficult to distinguish microscopically, using the crude technique available,

and Koch was at an advantage having already developed good staining techniques. Other workers had tried to transmit the human infective diseases to animals with varying degrees of success. Confusion often arose because an animal might die of an intoxication from the putrid material rather than an infection. Nonetheless, Davaine had produced a clearly defined infectious septicaemia and Orth had transmitted human erysipelas to rabbits. Klebs had gone even further and induced septicaemia with artificial cultures of micrococci from septic infections. Koch, in reviewing all this earlier work, admitted that the evidence in favour of bacteria as the cause of the traumatic infective diseases was very strong but there were a number of objections which might legitimately be raised. Firstly it was by no means settled whether or not bacteria existed in normal animal tissues; if they did their causal role in infection became very dubious. Other objections were, for example, the considerable doubt about the constant association of bacteria with septic disease and, when present, they were found in relatively small numbers. This last fact was in contrast to the one disease which Koch accepted as definitely due to bacteria, anthrax. In this disease the tissues swarmed the bacteria. The third point was that the bacteria found in septic processes were morphologically very diverse and bore striking resemblances to saprophytic organisms. The position here was summed up by Birch-Hirschfeld who wrote « the morphological characters of the bacteria found in pyaemia, diphtheria, small-pox and cholera are so similar that the idea naturally arises that identical organisms are being dealt with ». Koch went on to point out that micrococci indistinguishable from each other had been found in diseases as diverse as erysipelas, puerperal fever, endocarditis, rinderpest and pleuropneumonia. Since it was hardly credible that the same coccus caused all these diseases, either the presence of cocci was incidental or (almost revolutionary thought) similar looking cocci might, in fact, be different. What was necessary was « that the presence of bacteria in these diseases be proved without exception, and further that the conditions as regards their number and distribution be such as to afford a complete explanation of the symptoms », also, « we require conclusive evidence that this or that micrococcus, definite in nature and always recognisable under varying conditions by certain characteristics is the only cause of the disease in question ». Thus was Koch feeling his way towards his famous « postulates ».

Koch's own experimental work was entirely histological using the essentially modern method of fixation of tissues followed by sectioning and staining with analine dyes. He did no culture work in this piece of research which was actually an exploitation of the improved staining and microscopical technique which he had previously reported. He also introduced the useful staining principle of overstaining a tissue section and then decolourizing it with potassium carbonate

solution which, he found, removed all the dye from the tissues but not from the bacteria. This method was later to prove of crucial importance in his investigation of the cause of tuberculosis.

Koch obtained his experimental diseases by inoculating a variety of putrid materials into rabbits and mice and obtained six different diseases each caused by its own specific microbe.

We must remember that at the time (1879) there was but one disease that had been convincingly shown to be caused by a bacterium - anthrax. Koch had added six more demonstrating that each disease, admittedly experimental, but closely resembling some of those seen in human surgical practice, with its distinct pathological picture, was caused by a distinct microbe. He confidently predicted that the analagous diseases of man would be found to have bacterial causes. Koch regarded, and history would agree with him, the most important aspect of his work as the establishment of the « differences which exist between pathogenic bacteria and to the constancy of their characters. A distinct bacteria form corresponds, as we have seen, to such disease, and this form always remains the same, however often the disease is transmitted from one animal to another ». Koch anticipated that this assertion would be « much disputed by botanists, to whose special province this subject really belongs » and quoted one eminent botanist as saying, in 1877, that « I have for ten years examined thousands of different forms of bacteria, and I have not yet seen any absolute necessity for dividing them even into two distinct species ». But, in reality the germ theory in its general sense was proved beyond all doubt by the work described in this paper by Koch. The research had impressed upon him the vital importance of being able to make pure, artificial cultures such as were used by Pasteur. He wrote that to prove that a particular bacterium was the cause of a disease, when present mixed with others, it would be necessary to isolate it in pure culture and show that it produced the disease in question. Koch never laid down as formal rules the « postulates » which have been attributed to him, although, in 1884, in a paper on tuberculosis, using anthrax as an example he explained the criteria necessary before it could be assumed that an organism caused a particular disease. It seems that these criteria were forced upon him in thinking about his experimental infections for we have seen them expressed in essence in different parts of that work.

It is impossible to overpraise this work, the product of a general practitioner's leisure moments. It can stand by the side of any paper in the history of microbiology from Pasteur's on prophylactic vaccines to the cracking of the genetic code.

KAISERLICHE GESUNDHEITAMT PERIOD. — When Koch took up his appointment at the Kaiserliche Gesundheitamt in Berlin in 1880

he was provided with three assistants all of whom proved most apt pupils and became themselves bacteriologists of the first rank. They were only a few years younger than Koch himself. The eldest was G. Gaffky, who eventually succeeded Koch as head of the Institute for infectious diseases, and, among many important contributions was the first to cultivate the typhoid bacillus. Next came F. Loeffler, a man whose range of contributions to science few others have equalled. He cultivated the bacilli of diphtheria and glanders, recognized the first mammalian virus (that of foot and mouth disease) introduced numerous technical procedures (remembered to-day, for Loeffler's methylene blue and Loeffler's medium), was an excellent teacher and wrote on the history of bacteriology. Finally there was G. Wolffhugel, the youngest, who was eventually professor of hygiene in Gottingen and died when only 45. These three men must always be associated with Koch's work during his Gesundheitamt period.

Research on technical methods. — Koch, in 1881, published a long paper entitled « on the investigation of pathogenic organisms » in which he reviewed the experience of his former years and laid down the methods by which further work must be done. Part of this technical work we have already discussed and seen the fruits of his approach in his investigations on wound infections. But it is only a portion of the 1881 paper which we must now consider, that on « Pure cultivations » for it embodies the most useful single contribution to bacteriology of all time. Koch regarded the ability to produce pure cultures as absolutely essential if bacteriological knowledge was to advance and yet, writing of the methods then available, comments « on the whole it is truly depressing to attempt pure cultivations ».... and a practical impossibility to take all the necessary precautions. Without better methods no results could be accepted as convincing. In particular he thought his remarks « especially applicable to the researches (carried on with really remarkable, if blind, zeal) now issued in quantities from Pasteur's laboratory, and which describe incredible facts with regard to pure cultivations of the organisms of hydrophobia, sheep-pox, pleuropneumonia etc. » This last quotation is included illustrating, as it does, an unhappy side of the history of bacteriology in the 19th century. It is sad and inexcusable that the two greatest bacteriologists of their day should have had such personal animosity between them. Koch's remark was nothing short of insolent when addressed to a man who had made fundamental advances, involving the use of pure cultures, whilst Koch was still a schoolboy and, who, at the time of Koch's attack, was laying the foundations of the science of immunology. Moreover, other able contemporary bacteriologists thought that Koch exaggerated the difficulty of making pure cultures in liquid

media. Pasteur had already distinguished the streptococcus of puerperal fever from the staphylococcus of a boil and shown the identity of the latter with the causative organism of osteomyelitis using such cultures.

But to return to Koch's paper on pure cultures; we will give an account of his discovery largely in his own words. He wrote « it being perfectly clear that efforts in this direction were in vain I have abandoned the principles on which pure cultures have been hitherto conducted and have struck out on a new path to which I was led by a simple observation which anyone can repeat.

If a boiled potato is divided and the cut surface is exposed to the air for a few hours and then placed in a moist chamber.... it will be found by the second or third day.... on the surface of the potato numerous and very varied droplets almost all of which appear to differ from each other. A few of these droplets are white and porcelaineous, while others are yellow, brown, grey or reddish and while some appear like a flattened drop of water others are hemispherical or wharty.... If a specimen is taken from each of these droplets so long as they remain distinctly isolated from each other and are examined by drying and staining a layer of it on a cover slip it will be seen that each is composed of a perfectly definite kind of micro-organism ».

Koch was not the first to observe, study or publish an account of the pure colonies of different microbes that could be obtained on the cut surface of a potato. J. Schroeter, a worker in Cohn's department, with whose work one might have expected Koch to be familiar, had done all these things in 1872, but Koch makes no reference to this work. It was Koch's great merit to appreciate the enormous possibilities of solid media in general and to show that with their aid pure cultures of bacteria could be grown regularly with the greatest of ease. Potato itself proved surprizingly useful, even for pathogenic bacteria, and the early text books of bacteriology abound with coloured plates illustrating the growth of various species on this medium. But Koch, realizing its relative limitations, set about, not looking for other solid media, but for a means of solidifying well known liquid media. Gelatine was an obvious substance to try and mixed with ordinary nutrient broth gave « nutrient gelatine ». Best of all, for pathogenic bacteria, was sterile serum solidified with gelatine. Koch fully appreciated the enormous possibilities of solid media for isolating, for counting and for distinguishing different species of bacteria. No longer were there only differences in morphology and physiological effects to observe but also the nature of the pure colony, which he soon showed varied considerably, yet was always constant for a given organism.

Koch tried pouring his nutrient gelatine into various containers for use but eventually settled on the method whereby he smeared the molten nutrient gelatine on sterile glass slides which could then be

kept moist under a bell-jar. His method of sowing bacteria on them was to dip a sterilized platinum needle into the culture and draw the point rapidly several times over the surface of the gelatine « in much the same way as the lancet in vaccinating by incision.... in fact this process might very well be called an inoculation ». And so it still is to this day.

Minor contamination of Koch's plates did not matter, merely producing one or two isolated colonies which were readily recognized for what they were. The chief disadvantages of nutrient gelatine were that it was liquid at body temperature and that some bacteria digested it. The latter could be a useful distinguishing property but was also a nuisance when dealing with mixed organisms.

Nutrient gelatine had a short life as a bacteriological medium. The disadvantages alluded to above proved particularly irritating, to none more so than W. Hesse who had studied under Koch and who was, in his home laboratory, studying the various bacteria found in the air. Tired of having his cultures spoiled by gelatine liquifying organisms he looked for other means of solidifying his culture media. Fortunately his wife, Fannie, as well as her housewife's duties, acted as her husband's technician and prepared broth for the bacteria as well as soup for the family. She suggested the use of agar-agar, an extract of Japanese seaweed, which she had used for some years for culinary purposes. It proved completely successful. Hesse wrote to Koch informing him of this and Koch immediately took it up. No formal paper on the use of agar was ever published, Koch merely mentioning it in a short sentence in his preliminary paper on tuberculosis in 1882.

Neither was Koch's technique of smearing molten medium on glass slides very convenient but it was not until 1887 that R. J. Petri, an assistant of Koch, introduced what he called «a slight modification» of the method and described the covered glass dish now used universally which bears his name. Surprizingly it was some years before Petri's dish ousted Koch's plates.

STUDIES ON DISINFECTION. — Chemical disinfectants of various kinds had been used empirically for a long time, varying from a nosegay of sweet smelling herbs on the bench before an assize judge to the burning of sulphur in the sickroom or the addition of carbolic acid to sewage, but there was no exact knowledge of the germ killing power of any disinfectant. Nor, until recently, had there been any knowledge of the nature of the contagia which were supposed to be destroyed by the disinfectants. Koch tried to put the whole matter on a scientific basis. He appreciated that disinfectants should kill bacteria rather than inhibit their growth, that different organisms might be expected to differ in susceptability - in particular that spores were likely to be more

resistant than vegetative organisms and that the effect of a disinfectant would be influenced by the time it was allowed to act and its concentration. He therefore devized tests that would take account of all these variables.

It was convenient to use as test organisms bacteria which could be readily recognized and distinguished from any contaminants. Koch therefore chose, as representative of vegetative organisms, two strikingly pigmented organisms Serratia marcescens and Pseudomonas aeruginosa, and for a spore bearing organism, the anthrax bacillus. He exposed fragments of potato on which his vegetative organisms were growing to the action of a disinfectant and then applied them to a fresh piece of potato and noted whether or not growth occurred. The anthrax spores were impregnated into silk thread and after exposure to disinfectants and washing in sterile water planted on nutrient gelatine.

One of the first disinfectants Koch subjected to his tests was carbolic acid, for some 14 years the basis of Lister's antiseptic system. He found that although 1% aqueous carbolic acid killed vegetative organisms in two minutes and a dilution of 1 in 850 prevented the development of spores it required the action of a 5% solution for two days to actually kill spores. Further, he found that Lister's 5% carbolic acid in oil failed to kill anthrax spores within three months. Because of the relative inefficiency of the commonly employed disinfectants Koch tested a very large number of chemicals; he noted that the presence of organic matter, such as blood serum, interfered with the action of some disinfectants and concluded that the only really satisfactory substances were chlorine, bromine and mercuric chloride.

Koch and his colleagues also turned their attention to disinfection by heat noting the relative inefficiency of dry heat as well as the variability in temperature in different parts of ovens and its poor penetrating power. They also studied the sterilizing power of steam both at atmospheric and increased pressure. Finding that even spores were readily killed by moist heat at 100°C they recommended steam at atmospheric pressure rather than the mechanically less satisfactory apparatus for dry heat at higher temperatures or for steam under pressure.

This was not particularly clever work, and some of the laboratory findings conflicted with clinical experience, but it laid the foundations of the scientific study of disinfection.

THE AETIOLOGY OF TUBERCULOSIS. — Of the many problems impinging on a public health department such as the Kaiserliche Gesundheitamt none was greater than that of tuberculosis. Statistics showed that about one seventh of human beings in civilized parts of

the world died of this single disease. There was no doubt at that time (1880) that tuberculosis was an infectious disease. The Frenchman J. A. Villeman showed that tuberculosis could be transmitted to animals by inoculation in 1868 and this work had been amply confirmed. Tappeiner had successfully transmitted tuberculosis to dogs by inhalation.

Koch therefore decided to seek a bacterial cause for tuberculosis using the staining techniques which had proved so successful in his studies of the traumatic infective diseases. He examined smears of tuberculous material on coverslips as well as sections of tuberculous tissue. Initially, he used tuberculous lesions from infected guinea-pigs of which he could conveniently maintain a supply. Using exactly the same staining techniques as he had used in his previous work, Koch was, at first, unsuccessful in demonstrating any organism in tuberculous material. But, being certain that such an organism must exist, he persisted with his efforts trying various ways of altering the staining procedure. By what steps he actually came upon his successful method he does not record but part of the method depended on a technique which he had previously discovered; that of overstaining and then decolourizing until only the bacteria remained stained. Koch's technique was to stain his material in methylene blue to which potassium hydroxide had been added; it was the addition of the alkalie which made the tubercle bacilli take up the stain. At first he had to leave his preparations in the stain for 24 hours but later found that the staining time could be reduced to 1 hour if done at 40°C. By this time the whole preparation was deeply stained blue, but if it was then rinsed for a few minutes in an aqueous solution of a brown, analine dye called vesuvin the methylene blue was washed out of everything except the tubercle bacilli, which could easily be seen as blue bacilli against a brown background. From experimental tuberculosis in guinea-pigs Koch went on to examine material from all types of tuberculosis in man and animals and always found his characteristic bacillus. On these grounds he felt that it was probably the causative organism.

But, « in order to prove that tuberculosis is brought about through the penetration of the bacilli, and is a definite parasitic disease brought about by the growth and production of these same bacilli, the bacilli must be isolated from the body, and cultured so long in pure culture, that they are freed from any diseased production of the animal organism which may still be adhering to the bacilli. After this the isolated bacilli must bring about the transfer of the disease to other animals, and cause the same disease picture which can be brought about through the inoculation of healthy animals with naturally developing tubercle material ».

As with their staining, so the tubercle bacilli proved unsually difficult to grow in artificial culture and the many failures which Koch

must have experienced using techniques which were quite satisfactory for other pathogenis organisms might well have daunted a less patient and persistent worker. Koch devized quite a new medium, cow or sheep's blood serum solidified by heating to 65°C. Even on this medium, where all the common organisms with which he was familiar, grew within 24 hours, no growth of tubercle bacilli was visible for 10 days or more. Initially, Koch isolated tubercle bacilli from experimentally produced lesions in guinea-pigs and was able to show that the isolated bacilli, when inoculated into healthy animals, caused tuberculosis just as did naturally occurring infective material. He then went on to isolate bacilli with just the same characteristics from various types of human and animal tuberculosis.

Koch presented his findings at a meeting of the Physiological Society of Berlin (probably because officially he was physiologist to the Gesundheitamt) on March 24th 1882. He concluded his paper by saying:

« All of these facts taken together lead to the conclusion that the bacilli which are present in the tuberculous substances not only accompany the tuberculous process, but are the cause of it. In the bacillus we have, therefore, the actual tubercle virus ».

It is said that Koch's communication was greeted with stony silence - there was none of the lively discussion which commonly follows the presentation of a scientific paper. But, after all, what was there to discuss? Koch had done it all, no possible doubtful point had been left unresolved. Rarely in the history of science can an important discovery have been so incontrovertably presented, once and for all.

Koch's discovery ushered in a new branch of medicine, that of clinical bacteriology. For it was immediately appreciated that the demonstration of the characteristic bacilli in, for example, sputum offered a new diagnostic tool of unparalleled precision.

In Berlin the examination of sputum for tubercle bacilli as an aid to clinical diagnosis was taken up enthusiastically and gradually extended all over the world, but even a year after Koch's discovery « The Lancet » considered that « the question of the diagnostic value of tubercle bacilli is still in the region of probable rather certain knowledge. Much more work will have to be done before their presence in an isolated excretion can be accepted as absolute proof of a tuberculous process ».

THE AETIOLOGY OF CHOLERA. — Large increases in population, urbanization with squalid housing and wider facilities for travel made the 19th century the hey-day of epidemic infectious disease. Of all epidemics which swept the world during that century none was more

spectacular than cholera. During that century at least four pandemics spread through the world causing enormous mortality. The most recent had ended about 1875, before the disease could be investigated by the new bacteriological techniques introduced by Koch.

It was, therefore, as Koch put it, « not unfortunate » that in the summer of 1883 cholera broke out in the relatively geographically convenient Egypt. The opportunity to investigate the cause of the disease was siezed with most commendable alacrity by the two foremost schools of bacteriological science in the world; those of Pasteur and Koch.

The work of the French Commission need not detain us, its results being relatively insignificant and is to-day chiefly remembered for the tragic death of Thuillier one of the French commissioners, from cholera, on September 18th.

Koch, with his assistants arrived in Egypt in August and immediately set about a study of the morbid anatomy of the disease. This convinced them that the essential lesions of cholera were confined to the intestine. Microscopy showed a characteristic comma-shaped bacillus in the mucosa of the intestine. Turning to the contents of the bowel Koch found that in acute, uncomplicated cases of cholera this same microbe was present in enormous numbers.

But then, the cholera epidemic, disappearing as suddenly as it had come, had by early September all but subsided. Koch's preliminary observations had been sufficiently promising to make further study worthwhile and he therefore made arrangements to go to India where the disease was endemic and cases always available.

In India Koch quickly confirmed his Egyptian observations and went on to cultivate his « comma bacillus » on a variety of artificial culture media and noted that « In nutrient jelly the colonies of the comma bacilli take quite characteristic and definite form, which, as far as I have investigated, and as my experience goes is like that formed by no other kind of bacillus ». He noted that the bacillus was a strict aerobe, that it did not produce spores, that its growth was prevented by the least degree of acidity in the culture media and he introduced a new test, the « gelatine stab » culture, in which the comma bacillus produced a characteristic appearance.

But what was the evidence that the « comma bacillus » was the cause of cholera? It seemed to be constantly associated with the disease. Koch found it, by microscopy and by culture, in 42 post-mortem cases and in the evacuations of 32 cases during life. Moreover he was able to find the same organism in material from cases in distant parts of the world such as Alexandria and Toulon. He carefully examined the bodies of 30 persons dead of other types of intestinal disease, such as dysentery and typhoid fever, without finding the « comma bacillus », nor could he find it in various samples of water or in animals. He

was confident that « the comma bacilli are the constant companions of the choleraic process, and that they are present nowhere else ». He recognized the desirability of being able to transmit the disease to experimental animals using a pure culture, as he had done with the tubercle bacillus, but there were no animals naturally susceptible to cholera and he had not been able to produce the disease in experimental animals... « Hence we must give up this method of proof ». He pointed out that the leprosy bacillus, by that time accepted as the cause of leprosy, had not been cultivated, that there were other human diseases, such as typhoid fever, which could not be transmitted to animals, as well as many animal diseases to which man was immune.

Koch read a paper describing his cholera investigations to a conference held in Berlin in July, 1884 and concluded with a thorough discussion of the epidemiology of the disease which, in fact, added little to the publications of Snow over 30 years before. But he pointed out that bacteriological investigation enabled an early diagnosis to be made, even in mild cases, and could therefore be important in the control of the disease.

Once again one cannot but admire the steady, unerring progress of Koch's investigation and the speed (less than a year) with which it was brought to a successful conclusion. This seems all the more remarkable when we remember that Koch was by no means the first to examine cholera material microscopically. Highly competent observers like T. R. Lewis and D. D. Cunningham had spent more than ten years in India studying cholera from the aetiological point of view.

Again, even after Koch had fully described his discovery, a British commission of by no means incompetent workers, specially sent to India to confirm Koch's claims failed completely to do so. Two years after Koch's publication eminent British scientists like C. S. Roy and Charles Sherrington reported that they had found a fungus cause of cholera. The contrast between Koch's results and those of other workers in the same field is a measure of his technical superiority but it was a technical superiority amounting to genius.

In October 1884 Koch began to give the first course in practical instruction in bacteriology. He was provided with a well-equipped teaching laboratory and the object of the course was to acquaint a large number of physicians, as rapidly as possible, with the means of making a bacteriological diagnosis of cholera. Delegations of between four to six doctors from the principle towns of Germany spent 10 day periods of practical work under Koch's direct supervision. A few students were taken from other parts of the world.

The year after Koch completed his cholera studies, at the age of 42, he was made professor of hygiene in the University of Berlin. He, of course, continued active in research for no man ever lived more faithfully by the motto with which he headed a student essay - « Nun-

quam otiosus » (never be idle). However the next 5 years of his life are mainly important for his teaching and the supervision of the work of his assistants who were themselves making important discoveries.

FURTHER STUDIES ON TUBERCULOSIS. — Koch's personal research interest had centred mainly on tuberculosis since he had first discovered the causative bacillus and with this he continued, despite the constant interruptions which his fame now put in his way. Almost certainly it was Pasteur's success in attenuating the microbes of anthrax and chicken cholera that inspired Koch with the desire to achieve similar success with tuberculosis. He seems to have started systematically testing a wide variety of chemical substances for their ability to inhibit the growth of the tubercle bacillus in vitro, and then tested their effects on tuberculous guinea-pigs. He found numerous compounds that were effective in vitro but none had any effect on the disease in vivo.

In the course of this work Koch observed a new phenomenon - the difference in response to an injection of tubercle bacilli between a healthy guinea-pig and one which was already infected with tubercle bacilli. In the former a nodule slowly developed which eventually broke down and ulcerated through the skin and persisted to the death of the animal. In the latter, after about 24 hours, there was a brisk, local inflammatory response followed by necrosis of the area, sloughing and rapid healing of the damaged skin. This was the first observation of what we now call « bacterial allergy ». Koch did not grasp the significance of this observation but was intensely interested from a therapeutic point of view and, in his investigation into the cause of this effect, he discovered what later became known as « tuberculin ». A filtrate of broth culture of tubercle bacilli produced a severe local reaction in a tuberculous guinea-pig although without effect on a healthy animal. A sufficient dose of « tuberculin » would kill an infected animal, but, again, was harmless to a healthy one.

It is difficult to unravel the history of this phase of Koch's work because of the secrecy with which Koch, for some reason, surrounded it. He did not publish his account of bacterial allergy until 1891 - that is after he had already set the world agog with his announcement that he had developed a cure for tuberculosis.

In 1890 Koch was invited to give one of the addresses at the International Medical Congress to be held in Berlin. There seems little doubt that he was unwilling so to do, but Ministerial pressure was put upon him and it seems likely that, not only was he compelled to speak but, that for political purposes, a resounding discovery was also expected of him. Koch chose to speak on « Bacteriological Research » and considered the history and recent progress of the young

science and led up, almost at the end of his discourse, to his claim that he had « at last hit upon a substance which had the power of preventing the growth of tubercle bacilli; not only in a test tube, but in the body of an animal » in which the disease process could « be brought completely to a standstill ». He gave absolutely no details about his therapeutic substance nor any actual exprimental evidence for his claims.

Small clinical trials were meantime being made in various Berlin clinics and in November, three months after his original announcement, Koch published a paper giving some details. In this he excuses himself from describing the nature of his remedy, referring to it merely as a « brownish transparent liquid », and from giving details of the animal work on which his trials in man were based. He stated that his substance was quite harmless to a healthy guinea-pig, even in a dose of 2.0 ml, but in a healthy man (Koch himself) 0.25 ml produced a severe local and systemic reaction. However, if the dose was reduced to 0.01 ml, this had no effect on a healthy man but produced a severe reaction in a case of tuberculosis. Smaller doses produced milder reactions and, where the tuberculous lesion was readily visible, as in lupus of the skin, the striking inflammatory response, in and around the actual lesions, was very evident. Similar, but less visible, reactions occurred around tuberculous glands in the neck, around tuberculous bone lesions and doubtless also in pulmonary lesions. In lupus this reaction, which often led to sloughing of the affected area, seemed to produce some improvement with the formation of clean scar tissue. Koch believed that his reagent could, by causing a brisk inflammatory response, cause any tuberculous lesion to heal. In pulmonary tubercle he claimed that « cough and expectoration generally increased a little after the first injection, then grew less and less, and in the most favourable cases entirely disappeared; the expectoration also lost its purulent character and became mucous.... simultaneously the night sweats ceased, the patients' appearance improved, and they increased in weight ».

From the first Koch was criticized for keeping the nature of his « brownish transparent liquid » secret. There were various speculations as to the reason; it was suggested that he wished to force the authorities into providing him with better facilities. The explanation is probably simply that Koch was worried. His reagent undoubtedly had a powerful effect on the tuberculous process but the nature of this effect had not been anything like adequately investigated. Had he been left alone Koch would never have published his discovery without the thorough investigation which was so characteristic of his previous work. The tragedy was that, as a leading article in the British Medical Journal put it, « The medical world has learnt to believe that any work carried out under the auspices of Professor Koch is

thorough and genuine...» and that there was « a feeling of confidence in the scientific value of Koch's discovery... »

The new remedy was at first known as « Koch's lymph » but the name was soon changed to « Tuberculin » and the medical world was surprized, when Koch eventually disclosed its nature, that it was no more than an extract of a glycerine-broth culture of tubercle bacilli.

From the first there was general agreement about the value of tuberculin in diagnosis but doubts about its therapeutic value, particularly in pulmonary tuberculosis. It is not necessary to follow in detail the gradual progress of disillusion which was more protracted than it might have been, for two reasons, Koch's own obstinate insistance on its value and the fact that the technique of the properly controlled trial had not then been worked out.

Speaking at the British Congress on Tuberculosis in 1902 Koch said he still regarded tuberculin as « a very effective remedy for incipient phthisis ». But he insisted that its use should be restricted to « curable » cases and should only be used in patients whose temperature was normal. Cases which were incipient, curable and with normal temperatures clearly included numerous erroneous diagnoses and a high proportion of tuberculous cases which would get better anyway, so that it is not suprizing that tuberculin appeared a useful remedy. But, by 1902, those physicians with most experience of tuberculosis had largely abandoned tuberculin treatment.

Koch does not emerge with much credit from the tuberculin story which makes a sad contrast with his earlier work on anthrax, traumatic infective diseases, tuberculosis and cholera. Indeed reading Koch's papers on tuberculin it is difficult to believe that they are by the same hand as the author of those other classic contributions. Yet the observations contained in this research were of fundamental importance. The discovery of bacterial allergy and the demonstration of its value as a diagnostic and case-finding tool, in man and animals, would have made the reputation of any man. The pity is that Koch was no longer interested in observation but wanted to invent a cure.

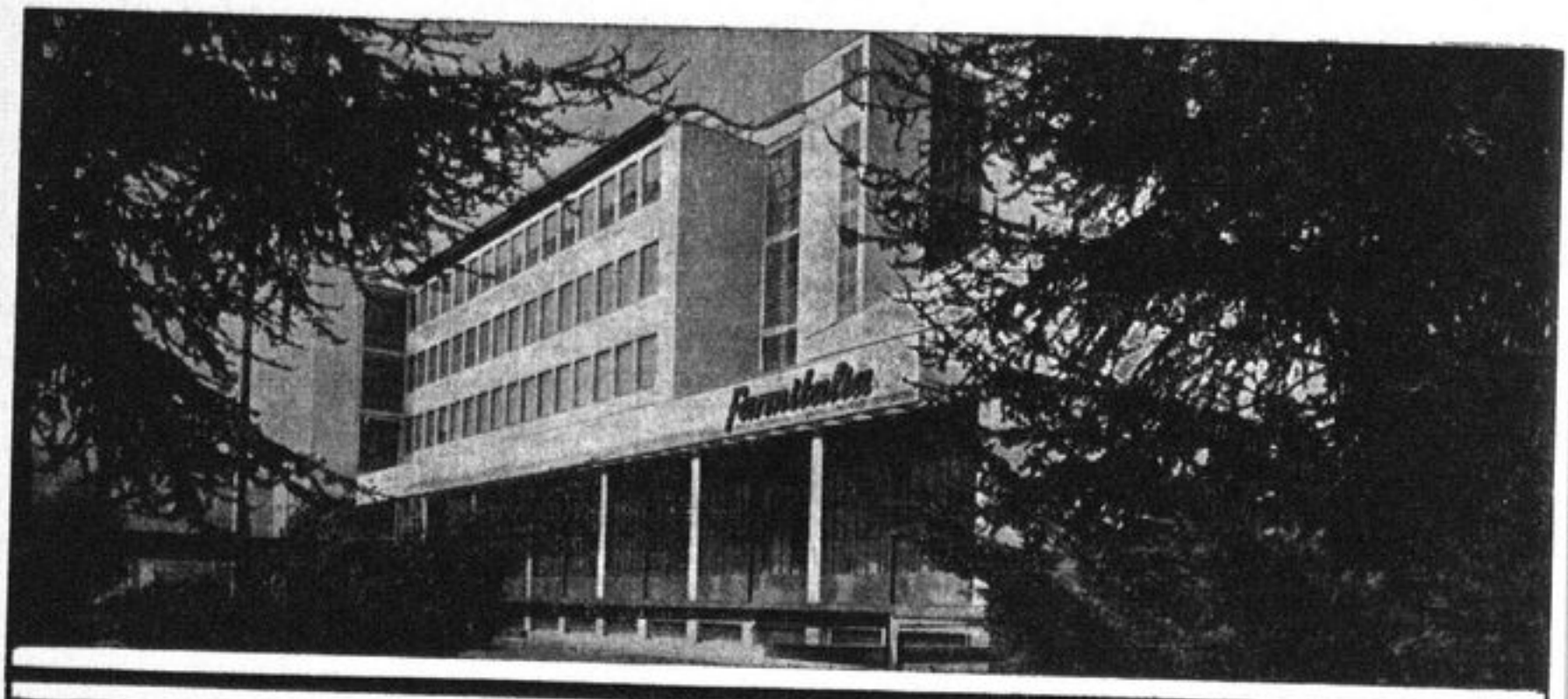
Koch's other main contribution in the field of tuberculosis was no happier than his tuberculin work. It was generally assumed that the same bacillus caused tuberculosis in man and in cattle but, in 1898, Theobald Smith showed quite clearly that the bovine and human strains were distinct, differing in virulence for rabbits and in certain cultural characteristics. Koch accepted this and went on to maintain that the bovine bacillus was non-pathogenic for man, or almost so. He based his opinion on the fact that the human bacillus was virtually non-pathogenic for cattle, as could be shown experimentally, and that primary tuberculosis of the intestine in man was a very rare disease. He did not regard the common finding of tuberculosis of the mesenteric lymph nodes in children as suggesting that bacilli had

come from the alimentary tract. He expounded these views at the British Congress on Tuberculosis in 1902 and was disagreed with by distinguished veterinarians such as Nocard and Bang, as well as expert human pathologists. Again Koch's great authority was a menace. As Bang pointed out, Koch's mere opinion was likely to hamper campaigns to obtain healthy milk supplied for the public.

Koch has been regarded as perhaps the greatest of all medical bacteriologists and indeed there is much to be said in favour of such a judgement. His life, as we have seen, was not that of the laboratory recluse; by any standards he lived a full and adventurous life, both physically and intellectually. His life-story is full of human as well as scientific interest and the sum total, for good and ill, of his contribution to bacteriology was the product, not only of his scientific genius but also of his human weaknesses.

London, King's College Hospital Medical School.

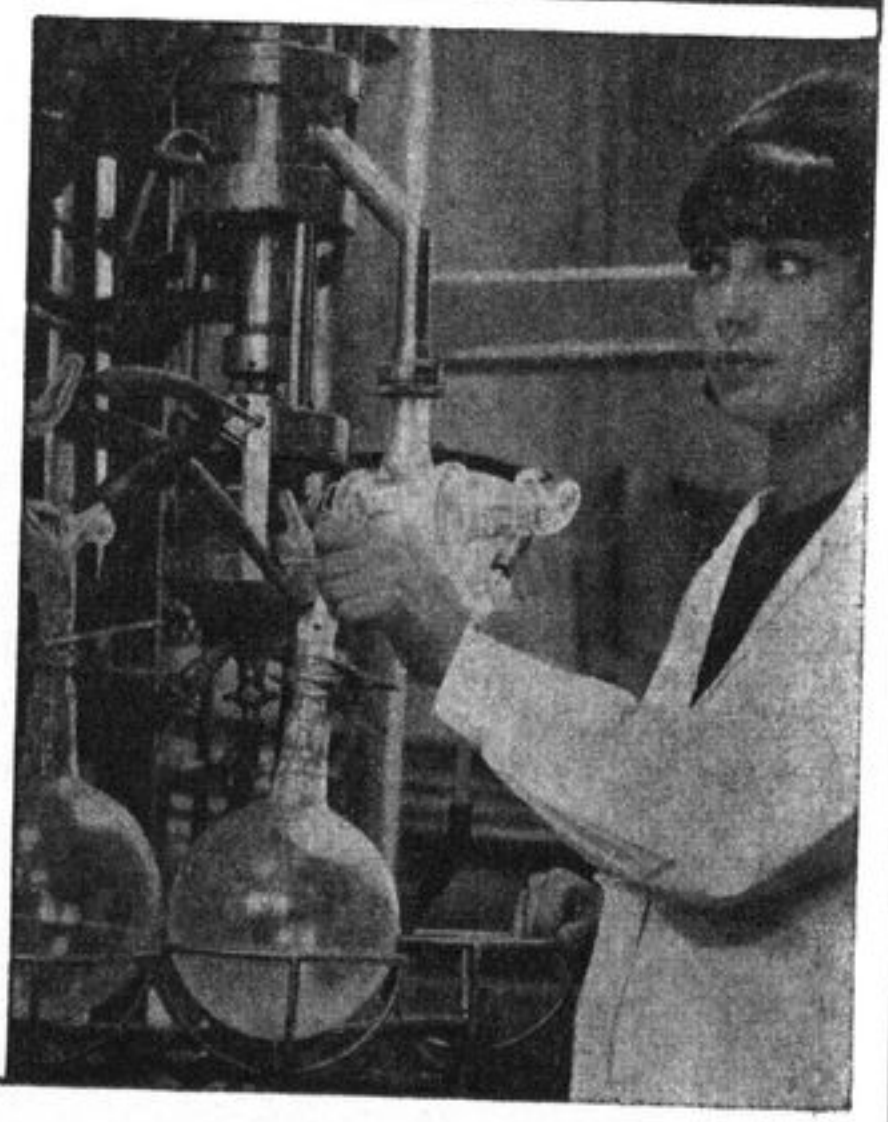
W. D. FOSTER



Farmitalia

LABORATORI DI RICERCHE
CENTRI SPERIMENTALI
STABILIMENTI DI PRODUZIONE

LA VOSTRA FIDUCIA
È IL NOSTRO ORGOGLIO



RECENSIONI - COMPTES RENDUS - BOOK REVIEWS BUCHBESPRECHUNGEN - ANALISIS DE OBRAS

C. C. MacDuffee. - *An Introduction to Abstract Algebra.* A vol. in-8, of VIII-304 pages. Dover Publications, Inc., New York, 1966. Price, unbound, Doll. U.S.A. 2,25.

Ecrire un livre sur l'algèbre abstraite comme celui présent, qui embrasse un si vaste programme, n'est certes pas chose facile. On doit supposer déjà connues beaucoup de théories et l'A. doit en outre s'efforcer de maintenir une route qui soit logique et en même temps la plus économique afin de composer un ouvrage qui ait un certain mérite et une certaine utilité.

Dans le cas présent il semble que notre auteur ait assumé sa tâche avec un plein succès. En environ trois cents pages d'une exposition concise sont rappelées en effet, sans jamais sacrifier à la rigueur, toutes les théories classiques qu'babituellement l'étudiant trouve dispersées dans différents textes et dont la connaissance qui se renouvelle à la lumière d'une vision d'ensemble unitaire, prépare le terrain pour une étude plus en profondeur de l'algèbre et de l'analyse modernes.

La théorie des nombres classique (jusqu'à la loi de réciprocité de Legendre et aux congruences carrées) est développée dans le premier chapitre. Puis on passe aux groupes finis et à la résolution algébrique des équations, concepts puissants sur lesquels est fondée virtuellement toute l'algèbre (chap. IIe). Suivent alors les théories sur les *corps entiers algébriques* et sur ceux *idéaux*, introduits pour la première fois par Kummer, qui permettent l'édification d'une arithmétique rationnelle des nombres algébriques (chap. IIIe et IVe). Puis la théorie des anneaux et des corps et des groupes avec des opérateurs (matrices-vecteurs et systèmes linéaires-systèmes orthogonaux) qui ont une importance fondamentale en physique mathématique et qui apparaissent ici sous une lumière nouvelle (chap. Ve, VIe et VIIe). Enfin, (chap. VIIIe) il y a l'algèbre des quaternions avec les problèmes fondamentaux qui lui sont attachés.

Une bibliographie concise et moderne est indiquée à la fin de chaque chapitre et les exercices proposés rendent l'ouvrage encore plus intéressant et précieux.

Brescia, Servizio Studi S.S.E.

F. Voltolini

***. - *Colloquium on Late-Type Stars.* Edited by M. Hack. Un vol. in-4, di 468 pagine, con molte figure nel testo. Osservatorio Astronomico di Trieste, Opicina (Trieste), 1966. Senza indicazione di prezzo.

Cet intéressant Colloque sur un argument de grande actualité, organisé par Margherita Hack, directeur de l'Osservatorio Astronomico di Trieste, a eu lieu au Centre international de Physique théorique de Trieste du 13 au 17 juin 1966. A moins d'une année de distance paraît ce volume qui contient les mémoires et les discussions qui ont eu lieu durant les journées du Colloque. Y ont pris part 63 astronomes italiens et étrangers spécialisés dans l'étude des spectres stellaires, en particulier ceux des étoiles moins chaudes, appartenant, à savoir, au troisième type de Secchi. Des participants, 54 ont présenté les résultats de leurs observations et de leurs recherches théoriques, qui ont été opportunément discutés.

Comme l'a dit le prof. Swings, président de l'Union astronomique internationale et directeur de l'Institut d'astrophysique à Cointe-Sclessin (Liège), dans son introduction, ce Colloque arrive à propos pour faire le point des résultats acquis jusqu'à aujourd'hui, alors qu'est en train de s'ouvrir une ère nouvelle pour l'astrophysique grâce aux observations que l'on peut effectuer hors de l'atmosphère terrestre. Une histoire complète des étoiles moins chaudes devrait être consacrée pour une bonne part à l'oeuvre de l'un des plus célèbres spectroscopistes, P. Angelo Secchi; dans ce riche volume sont rapportées seulement les recherches les plus récentes qui ouvrent la voie à des conquêtes toujours nouvelles.

* * *

J. DUFAY. - *Les comètes*. Un vol. in-16 (de la collection « *Que sais-je* », N. 1236), de 126 pages, avec 20 figures et IV tableaux. Presses Universitaires de France, Paris, 1966. Prix, broché, 3 F.

Ce petit volume est le numéro 1236 de la célèbre collection « Que sais-je? » et traite des Comètes; en est l'auteur Jean Dufay, directeur de l'Observatoire de Lyon et de la Haute Provence.

En relativement peu de pages se trouve une description complète, claire, compréhensible, aussi pour celui qui n'est pas spécialiste en la matière, de ces mystérieux objets célestes qui déjà dans le passé ont intéressé l'humanité et maintenant, non plus sous l'aspect astrologique, continuent d'être l'objet d'études de la part des astronomes.

Le livre s'ouvre sur l'histoire des comètes crues par les anciens être les messagers des dieux; il traite ensuite dans les chapitres successifs de leurs orbites, qu'elles soient périodiques ou non-périodiques. Intéressants sont les chapitres qui traitent des caractéristiques physiques, la structure, la composition des comètes sur lesquelles l'A. rapporte de manière particulière les travaux exécutés avec les télescopes de l'Observatoire de la Haute Provence, équipé de nouveaux et puissants instruments.

Sur l'origine des comètes est expliquée la théorie de l'astronome hollandais J. Oort qui est celle généralement considérée comme la plus satisfaisante. Termine le volume un chapitre sur les « Comètes et l'espace » avec de brefs rappels aux importantes découvertes exécutées avec des instruments lancés hors de l'atmosphère terrestre.

Firenze, Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

G. ABETTI

***. - *Proceedings of a Symposium on High Latitude Particles and the Ionosphere*. Alpbach 1964. Edited by B. MAEHLUM. A vol. in-8, of VIII-320 pages, with many figures and tables. Academic Press, New York, 1965. Price, bound, Doll. U.S.A. 16,00.

L'étude du mouvement des charges électriques élémentaires dans le champ magnétique de la terre a eu son commencement au debut du siècle avec les travaux de Birckeland et Störmer sur les aurores boréales. Cette matière a toujours été l'objet d'un grand intérêt, mais dans les dernières années elle a reçu une nouvelle impulsion par la possibilité de mesures directes au moyen des sondes spatiales et de satellites artificiels. Le champ de la recherche s'est élargi (rayons cosmiques, magnétosphère, vent solaire, etc.) et les groupes de recherche sont devenus si nombreux qu'on entrevoyait la possibilité d'un dangereux manque de coordination entre les différents programmes.

Le Symposium qui s'est tenu à Alpbach du 19 au 26 Mars 1964, a eu pour but de mettre les participants, appartenant à un certain groupe, au courant des programmes des autres groups de recherche et la publication de cet ouvrage étend cette possibilité à tous le chercheurs pas présents à Alpbach.

Il est naturellement impossible de donner ici une idée de la matière qui forme l'objet des 27 communications contenues dans l'ouvrage. En grande partie elles sont consacrées à des arguments très particuliers, ou à la description de certaines techniques et de certains appareils, mais quelques-unes ont un caractère plus général et cherchent des conclusions. Citons, par exemple, la comunication de C. de Jager sur l'émission corpusculaire du soleil et celle de Fälthammar, dans laquelle, après une description des différents modèles proposés pour la magnétosphère et une classification des particules qui y sont contenues, on avance l'idée que dans certaines régions, où la densité est très petite, le modèle « fluide » du plasma doive être abandonné et des champs électriques peuvent exister.

A remarquer l'intérêt offert par les illustrations contenues dans cette intéressant ouvrage.

Firenze, Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

G. CALAMAI

***. - *Reattori di potenza nel mondo*. VOLUME PRIMO e VOLUME SECONDO. Due voll. in-8, di XXIV-494 e XVIII-316 pagine, con numerose figure e tabelle. Casa Editrice Vallecchi, Firenze, 1965. Prezzo, non rilegati, Volume Primo, L. 3.000; Volume II, L. 2.000.

Ils constituent les deux premiers volumes d'une collection, éditée par le CNEN, ayant le dessein d'illustrer les caractéristiques et les données techniques les plus significatives des centrales nucléaires de puissance disponibles en 1962.

Il s'agit d'une documentation très utile qui peut apparaître intéressante encore aujourd'hui, que les réacteurs de puissance ont accompli des progrès très considérables, comme source de réflexions et de confrontations.

La documentation est complète et soignée et elle met à disposition du lecteur des éléments d'intérêt indiscutable et d'utilité pratique.

* * *

H. MARK and N. TH. OLSON. - *Experiments in Modern Physics*. A vol. in-8, of XIV-300 pages, with many figures. McGraw-Hill Book Company, London, 1966. Price, bound, sh. 76.

Le but de ce livre est analogue à celui du précedent. Il en diffère cependant par certains caractères: la réalisation instrumentale des expériences est décrite avec moins de détails, alors que l'on tend à donner un plus grand poids aux prémisses théoriques visant à illustrer l'importance des expérimentations dans l'étude de certains chapitres de la physique moderne.

Les sujets traités ont trait à la mesure des masses atomiques, au passage des particules chargées à travers la matière, à la technologie du vide, au détectage des radiations ionisantes, à l'analyse et à la spectroscopie de rayons X, aux propriétés des neutrons et à leur interaction avec la matière, aux détecteurs électroniques à état solide, à la résonance magnétique nucléaire, à l'émission thermoélectronique, au laser, aux accélérateurs d'ions.

Plus qu'un manuel pratique d'entraînement, ce volume peut être utilisé comme élément de raccordement entre les cours institutionnels de physique moderne et les véritables exercices de laboratoire.

Milano, Università, Istituto di Scienze Fisiche « A. Pontremoli ».

P. CALDIROLA

***. - *The Development of High-Energy Accelerators*. Edited and with commentary by M. ST. LIVINGSTON. A vol. in-8 (Volume III of the *Classics of Science*), of XIV-314 pages, with many figures and tables. Dover Publications, Inc., New York, 1966. Price, unbound, Doll. USA 2,50.

Le troisième volume de cette collection, dont le but est celui de rendre disponible un choix de sources originales des différentes sciences, a comme sujet les accélérateurs à haute énergie.

Les 28 mémoires, dont on présente la réimpression, donnent un tableau assez complet et très impressionnant de ce prestigieux chapitre de la science et de la technique.

* * *

G. P. HARNWELL and W. E. STEPHENS. - *Atomic Physics. An Atomic Description of Physical Phenomena*. A vol. in-8, of X-402 pages, with figures and tables. Dover Publications, Inc., New York, 1966. Price, unbound, Doll. U.S.A. 2,50.

L'édition Dover, corrigée, de l'ouvrage bien connu, paru la première fois en 1955, peut rendre accessible à tous les intéressés une présentation des aspects essentiels de la physique atomique et moléculaire très utile pour une approche assez avancée.

* * *

N. V. Lavrov, V. V. Korobov and V. I. Filippova. - *The Thermodynamics of Gasification and Gas-Synthesis Reactions.* Translated from the Russian by G. H. Kinner. A vol. in-8, of viii-116 pages, with XLIII tables. Pergamon Press, Oxford, 1963. Price, bound, sh. 50.

Après un court résumé des méthodes pour calculer les données de thermodynamique chimique, par la voie statistique en partant des propriétés moléculaires, on donne plusieurs exemples d'application aux procédés de gazéification et de synthèse chimique.

* * *

B. Offmann. - *The Strange Story of the Quantum.* An Account for the General Reader of the Growth of the Ideas Underlying our Present Atomic Knowledge. Second Edition. A vol. in-8, of xii-286 pages. Dover Publications, Inc., New York, 1959. Price, unbound, Doll. U.S.A. 1,50.

L'origine des idées de base de la mécanique quantique, leur évolution, les lumières et les ombres de ce prestigieux chapitre de la science moderne, sont présentées sans mathématiques sous une forme originale et séduisante.

Milano, Politecnico.

R. Piontelli

***. - *The Amino Sugars. The Chemistry and Biology of Compounds Containing Amino Sugars.* Vol. IIa: *Distribution and Biological Role.* Vol. IIb: *Metabolism and Interactions.* Edited by E. A. Balazs and R. W. Jeanloz. Two vols. in-8, of xxviii-592 and xviii-516 pages, with figures and tables. Academic Press, New York, 1965 and 1966. Price, bound, Doll. U.S.A. 22,00 each volume.

Les deux volumes complètent l'ouvrage de Balazs et Jeanloz sur les sucres aminés.

La partie A du second volume comprend vingt chapitres qui concernent la partie plus proprement descriptive, à savoir la présence des différents sucres aminés tant dans les différentes espèces que dans les organes et sécrétions individuels, comme dans différents types de cellules (cellules sanguines, mastocytes, cellules de la paroi vasculaire etc.).

La partie B, composée de quatorze chapitres, en revanche, traite plus spécifiquement de la partie dynamique, à savoir du métabolisme des sucres aminés, de leur action sur le tissu conjonctif, des enzymes qui participent au métabolisme de ceux-ci, de l'action des polyanions contenant des sucres aminés sur des enzymes, de l'action des radiations et de systèmes oxydo-réducteurs, de l'interaction avec des composants du sang. Un chapitre est consacré à l'immunochimie, un autre à l'interaction entre glycoprotéines et virus et un dernier à l'interaction de sucres aminés et de macromolécules contenant des sucres aminés avec les virus, cellules et tissus.

Chaque chapitre est développé par des spécialistes. Il s'agit d'un ouvrage scientifique de niveau élevé et c'est certainement le traité le plus complet et le plus moderne sur les sucres aminés et sur leur signification en Biologie et en Pathologie.

Napoli, Università, Istituto di Patologia Generale.

L. CALIFANO

J. LEGGET BAILEY. - *Techniques in Protein Chemistry*. Second revised and expanded Edition. A vol. in-8, of XIV-406 pages, with 119 figures and LIV tables. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1967. Price, bound, Dfl. 55.

Il est notoire combien l'étude du mode de caractérisation des protéines et de la détermination de leur structure présente de difficultés. C'est pourquoi ne pourra être que bien accueilli, de la part des biochimistes intéressés à ces problèmes, un manuel très à jour qui expose avec soin et précision les techniques analytiques désormais acquises et qui donne des informations sur les méthodes de développement les plus récents.

Chaque chapitre traite un sujet déterminé, et, pour en faciliter l'utilisation immédiate, peut être lu sans avoir recours aux chapitres précédents.

Sont d'abord décrites les méthodes de chromatographie sur papier, l'électrophorèse sur papier à haute tension et la chromatographie à échange d'ions des amino-acides et des peptides. La plus grande partie du livre est consacrée à l'étude de la détermination des séquences. Sont décrites les méthodes de dégradation des ponts disulfure, de dégradation sélective des chaînes peptidiques et de détermination des séquences terminales aminées et carboxyliques.

Sont passées successivement en examen les méthodes de purification et de séparation des protéines par dialyse et filtration en gel, de chromatographie sur colonne et d'électrophorèse de zone.

Le dernier chapitre est consacré aux méthodes les plus éprouvées pour la synthèse des polypeptides.

C'est là, par conséquent, un livre sans prétentions théoriques, mais d'une utilité immédiate au spécialiste. Innombrables sont les données rassemblées, et la mise à jour pour les derniers résultats le recommandent, étant donné l'évolution continuelle de cette matière.

Milano, Politecnico.

P. CAVALLOTTI

***. - *Ocean Sciences.* Edited by E. J. LONG. A vol. in-8, of XVI-304 pages, with many figures. United States Naval Institute, Annapolis (Maryland), 1965. Price, bound, Doll. U.S.A. 10,00.

A cause des grands progrès technologiques accomplis après la seconde guerre mondiale et aussi à cause de l'accroissement rapide de la population est changée l'attitude de la science à l'égard de l'importance de l'étude des océans. Par conséquent, les organisations scientifiques mondiales se préoccupent depuis quelques temps avec insistance de signaler la nécessité d'étendre rapidement les recherches océanographiques. Le livre « Ocean Sciences » est un rappel de ce type dirigé surtout au milieu de la Marine des Etats-Unis d'Amérique. Et cela parce que les grands progrès scientifiques et technologiques ont en fait ôté aux mers la caractéristique de barrière défensive pour le continent américain; et en outre l'augmentation rapide de la population mondiale suggère d'utiliser les océans pour accroître les moyens d'approvisionnement alimentaire de l'humanité.

Le livre est composé de 15 chapitres écrits par différents auteurs, dont quelques-uns sont des officiers qualifiés de la Marine Américaine. Les chapitres concernent les sujets les plus importants se succédant comme suit: brève introduction, brève histoire de l'océanographie, océanographie physique, océanographie militaire, le temps et le climat sur la mer, la cartographie océanique et les calculateurs, l'océanographie polaire, la biologie marine, le problème des déchets atomiques et d'autre nature déversés dans la mer, l'instrumentation et les véhicules sous-marins de recherche. Un chapitre a trait à la géologie marine, un autre au NASCO, à savoir le Comité d'Océanographie de l'Académie Nationale des Sciences et du CNR des Etats-Unis. D'autres chapitres sont consacrés aux relations entre Océanographie et Gouvernement, aux Pêcheries et Océanographie et le dernier à l'avenir de l'Océanographie.

Aux chapitres succèdent trois appendices: le A dresse un catalogue des Instituts scientifiques océanographiques américains et également étrangers (les indications sur ces derniers ne sont pas bien à jour); le B dresse un catalogue des navires océanographiques du monde; le C fournit la table de conversion métrique pour les unités de mesure des USA. Termine le volume un glossaire des sciences océanographiques.

Dans son ensemble le volume revêt un caractère de vulgarisation, intéressant de manière prédominante pour la Marine Militaire.

Napoli, Istituto Universitario Navale.

G. ALIVERTI

***. - *Methods in Palaeomagnetism.* Proceedings of the NATO Advanced Study Institute on Palaeomagnetic Methods, held in the Physics Department of the University of Newcastle upon Tyne, April 1-10, 1964. Edited by D. W. COLLINSON, K. M. CREER and S. K. RUNCORN. A vol. in-8 (Vol. 3 of the Series *Developments in Solid Earth Geophysics*), of XVIII-610 pages, with many figures and tables. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1967. Price, bound, Dfl. 110.

Il contient les Actes de la « Nato Advanced Study Institute on Palaeomagnetic Methods », tenu au « Physics Department of the University of Newcastle upon Tyne », du ler au 10 Avril 1964. But du symposium ce fut la discussion des appareils et des techniques utilisées dans le paléomagnétisme et dans le magnétisme des roches. Participèrent au congrès des géologues, des physiciens et des géophysiciens, au nombre de 59.

Les journées de travail furent divisées en onze sessions, dont trois sessions consacrées à la discussion de la mesure de la magnétisation naturelle résiduelle. Les contributions ont été rassemblées en huit chapitres.

Les travaux présentés se réfèrent principalement à la description des techniques et des méthodes adoptées par différents groupes de recherche sur le paléomagnétisme, en diverses parties du monde.

Les sujets traités dans les divers chapitres furent, dans l'ordre: techniques sur le choix des échantillons de roche (9 contributions), mesure de la magnétisation naturelle résiduelle (25 contributions), procédures pour l'essai de la stabilité de magnétisation (12 contributions), présentation et analyses des données (5 contributions), mesure de la susceptibilité isotrope et anisotrope (11 contributions), mesures magnétiques dans des champs analogues (9 contributions), techniques pour l'étude des composants magnétiques dans les roches (6 contributions), techniques de laboratoire (7 contributions).

De cet ensemble surgit une vaste vision des problèmes reliés à la mesure dans le paléomagnétisme et l'état actuel d'avancement de cet important chapitre de la géophysique, qui a eu en Italie d'illustres pionniers (Sella, Oddone).

Roma, Università, Istituto Geofisico.

P. Caloi

J. Auboin. - *Geosynclines.* A vol. in-8 (Volume I of the Series *Developments in Geotectonics*), of xvi-336 pages, with 67 figures and tables. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1965. Price, bound, Dfl. 55.

L'hypothèse de sédimentation dans un géosynclinal a été avancée il y a presqu'un siècle par J. Hall et J. D. Dana pour expliquer la formation des énormes épaisseurs de sédiments clastiques d'un type particulier que Hall avait découverts en étudiant la géologie des Mts. Alleghanys. Des conditions semblables de sédimentation ont été découvertes ensuite dans d'autres chaînes de montagnes: l'hypothèse de Hall et de Dana a été développée et élaborée et est devenue la base de la théorie courante de l'orogénèse du type alpin. C'est cette hypothèse, son évolution et ses implications que le Prof. Auboin expose magistralement dans son livre, avec une parfaite connaissance du sujet, soit directe soit indirecte (il suffît de dire que la liste bibliographique à la fin du volume comprend quelques 600 ouvrages). Après une première partie qui fait l'histoire du concept de géosynclinal et présente les différentes significations que l'on a données à ce concept, dans la deuxième partie, comme exemple de ce que l'A. appelle une chaîne géosynclinale élémentaire, l'A. décrit la portion des Dinarides au SE de la ligne Scutari-Pec, région étudiée personnellement par l'A. En s'appuyant sur l'analyse détaillée de cette chaîne, l'A. présente son interprétation de la structure et de l'évolution paléogéographique

d'un géosynclinal. En partant de ce modèle, dans la troisième partie du livre, l'A. généralise son interprétation structurale et la met en rapport avec l'orogénèse et la tectogénèse. La quatrième partie prend en considération l'évolution dans le temps des géosynclinaux, en examinant en particulier les anciennes chaînes de montagnes, hercinienne, calédonienne, précambriennes. Le travail d'analyse et de synthèse du Prof. Auboin est admirable: la richesse et la clarté des dessins et des cartes, ainsi que la présentation du volume, ajoutent à sa valeur. Tout cela dit, on ne peut pas taire que de nombreux points obscurs (et beaucoup, entre eux, fondamentaux) ne laissent pas accepter sans discussion la systématisation de l'A. de la structure des géosynclinaux et des chaînes de montagnes.

* * *

D. P. Grigor'ev. - *Ontogeny of Minerals.* Translated from Russian by IPST Staff. Translation edited by Y. Brenner. A vol. in-8, of vi-250 pages, with 195 figures and XXII tables. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 1965. Sans indication de prix.

Dans certaines limites, on arrive a contrôler la formation des cristaux artificiels et à mettre en rapport certains caractères physiques et morphologiques des cristaux avec leurs conditions de formation. Dans le cas des minéraux naturels, ces conditions ne sont pas connues directement: d'où la nécessité (à cause de l'intérêt à les connaître) de chercher à les déduire d'une analyse détaillée des caractères morphologiques des minéraux, de leur différences dans les différents types de gisements, dans leurs associations, etc. Ce sujet est étudié dans un chapitre de presque tous les traités de minéralogie; le Prof. Grigor'ev lui a consacré un livre entier. Celui-ci est divisé en deux parties: dans la première l'A. étudie la cristallisation des individus (nucléation, développement, altération), dans la deuxième celle des associations de cristaux. C'est la première partie qui est la plus développée et, à notre avis, la plus intéressante parce que l'on y trouve le plus de rapports avec les autres sciences de la Terre, en premier lieu avec la pétrographie, mais aussi, indirectement, avec la lithogénèse, le métamorphisme, etc. A l'état actuel de nos connaissances, on peut seulement chercher a recueillir le plus possible de cas singuliers, qu'il est encore difficile de classer et systématiser d'une manière satisfaisante: c'est donc l'abondance des données qui peut donner de la valeur au recueil. De ce point de vue aussi le livre est très utile. Une riche bibliographie (intéressante pour nous à cause des nombreuses citations d'auteurs russes) se trouve à la fin du volume, qui est très bien présenté, même si la reproduction des clichés des photos n'est pas très bonne. Ce qui embarrasse dans le livre c'est la discussion idéologique dans l'Introduction: l'A. est-il vraiment persuadé de la valeur scientifique de cette discussion?

* * *

***. - *Growth of Crystals.* Vol. IV. A vol in-8, of viii-206 pages, with figures and tables. Consultants Bureau, New York, 1966. Price, bound, Doll. U.S.A. 20,00.

INTRODUCTION TO STELLAR STATISTICS

R. Kurth, *Georgia Institute of Technology*

An introduction for the younger (undergraduate) student to the subject of stellar statistics applicable to a course of astronomy and related physics. Chapter Headings: A Qualitative Survey; The observational data; Elements of statistics; The apparent distribution of stars and galaxies; Kinematics; Stellar distances; Integral equations of stellar statistics; Some research problems; Quadratic forms on the unit sphere; Some recent work on the distribution of stellar velocities; References. International Series of Monographs on Natural Philosophy. Vol. 10

192 pages. 50 s./ $ 8.00

COLLECTED PAPERS OF P.L. KAPITZA, Volume III

Edited by **D.** *ter* **Haar,** *Reader in Theoretical Physics and Fellow of Magdalen College, Oxford.*

In this final volume of the collected papers of P. L. Kapitza, the subject matter ranges from the production of cod-liver oil in the far North of Russia to his work on strong magnetic fields, liquid helium and low temperature physics. Also of interest are his papers on fellow scientists such as Lord Rutherford, with whom he worked for 14 years at the Cavendish Laboratory. He also describes some of the research done at the Institute of Physical Problems of the U.S.S.R. Academy of Sciences.

256 pages. 84 s./ $ 13.50

THE STRENGTH OF MATERIALS

A. A. Ilyushin, *Institute of Mechanics, U.S.S.R. Academy of Sciences, and V. S. Lenskii, Reader in Theory of Elasticity, Moscow State University.*

Based on the author's lectures at the mathematical-mechanical faculty of Moscow University, this book gives details of problems on equilibrium and stability of simple structural elements under elastic and elastic-plastic deformation, information on plastic flow of materials under pressure, creep of materials, their dynamic resistance, vibrations and propagation of elastic and plastic waves and the effect of temperature, rate of deformation, radiation etc., on the strength and plasticity of materials.

452 pages. £. 6.10 s./ $ 20.00

IONS FOR BREATHING

The Control of the air-electrical climate for health.
C. Bach.

Contents: Chapter One — *The Properties of Air Ions: A concise Summary* : Atmospheric Electricity; Physiological Action; Measurement of Ions; Artificial Production of Ions; Passive Ion Technique; The Fate of Ions in Ducts; Importance of Soil; Points of View; The Treatment of Asthma with Ions; Conclusions; Chapter Two — *Passive Ion Techniques and Methods of Measurement*: Introduction; Air Ions; Passive Ion Technique; Measuring Instruments and Methods for passive Technique — Examples of Use; Work for other Countries; Concluding Remarks; Bibliography.

111 pages. 25 s./ $ 4.50

ATMOSPHERIC ELECTRICITY - 2nd Edition

J. Alan Chalmers, *Professor of Physics in the University of Durham.*

Considerable rewriting and enlargement has been necessary since the preparation of the first edition in 1956. The author presents an up-to-date account of the electrical phenomena of the atmosphere between the surface of the earth and a height of about 50 K.M. Chapter Headings: Historical Survey; General principles and results; Clouds, water and ice; Ions and nuclei; The vertical potential gradient; Space charge; The conductivity of air; The air-earth conduction current; Point discharge currents; Precipitation currents; The transfer of charge; The thunder cloud; Non-stormy clouds; The lightning discharge; Atmospherics; The separation of charge; Conclusion; Appendices; References; Index. International Series of Monographs in Natural Philosophy.

522 pages. £. 5.5 s./ $ 16.00

PERGAMON PRESS

Headington Hill Hall, Oxford

44-01 21st Street, Long Island City, New York 11101, U.S.A.

24, rue des Ecoles - PARIS V

Il y a quelque temps, on a rendu compte de la publication de la traduction anglaise des trois premiers volumes du recueil russe de travaux sur la formation des cristaux. Un quatrième volume, edité comme les précédents par A. V. Shubnikov et N. N. Sheftal', a été récemment traduit en anglais. La première partie du volume contient quinze notes très courtes (presque des résumés) sur le mécanisme de la formation des cristaux; dans la deuxième partie quinze autres contributions décrivent des méthodes de production de monocristaux. La troisième partie comprend cinq notes, dont quatre sur la cristallisation par voie hydrothermale de composés métalliques. Dans la quatrième partie quatre articles passent en revue d'une manière moins succinte les recherches sur de nouveaux cristaux ferroélectriques et antiferroélectriques, la production de cristaux de GaAs, les propriétés ferroélectriques des composés isomorphes et l'épitaxie. La dernière partie contient deux articles très intéressants de N. N. Sheftal', l'un sur la définition de symétrie, l'autre sur la signification physique de la symétrie des cristaux. L'intérêt de ce volume n'est pas inférieur a celui des autres, dont il est le complément nécessaire.

Torino, Università.

A. Debenedetti

J. B. Davis. - *Petroleum Microbiology*. A vol. in-8, of xiv-604 pages, with 208 figures and CLX tables. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1967. Price, bound, Dfl. 110.

Se sont écoulées plus de dix années depuis la publication de *Petroleum Microbiology* de Beerstecher Jr. (traduit également en italien en 1963, voir Scientia fasc. 3-4/1965), l'Auteur a ressenti la nécessité de reproposer à l'attention des microbiologistes et de ceux qui s'occupent de questions pétrolifères, un argument aussi séduisant et important.

L'exposé n'est pas séparé des rappels et des références à des questions qui intéressent d'autres problèmes de la microbiologie; mais de telles questions sont présentées ici sous le profil du sujet traité.

Une première partie concerne l'intervention des microorganismes dans les processus géologiques et géochimiques auxquels sont intéressés les hydrocarbures. Dans une seconde et troisième partie sont présentées les activités microbiennes respectivement utiles ou non utiles à la technologie du pétrole.

Chaque partie s'articule en de nombreux chapitres distincts.

C'est donc un livre dense en indications et de lecture facile et attrayante.

Précises les références, soignée la bibliographie, vraiment bonne l'édition.

Pisa, Università, Istituto di Patologia Vegetale e di Microbiologia Generale e Agraria.

O. Verona

S. Leghissa. - *Compendio di citologia e istologia*. Un vol. in-8, di xii-696 pagine, con 560 figure in nero e a colori e tabelle. Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino, 1966. Prezzo, rilegato, L. 18.000.

Le livre de Leghissa est conçu suivant le schéma généralement valable chez nous, selon lequel dans l'histologie nous ne considérons pas aussi l'anatomie microscopique; le livre avec son titre « Citologia e Istologia » met l'accent sur l'importance toujours plus grande qui revient à la partie cytologique de l'exposition; celle-ci, en effet, n'y occupe pas moins que la moitié du volume; elle est encadrée dans le contexte d'une exposition qui s'étend aussi aux tissus et de cela dérive une vision plus pleine et concrète qui en partie peut faire défaut dans un livre de cytologie pure.

Le texte est très à jour et il considère également les acquisitions récentes dans le domaine de la microscopie électronique, de l'histochimie et de l'histophysiologie; son extension, à mon avis, va plus loin que celle d'un manuel didactique pour représenter une source sûre de culture et d'informations pour le biologiste et le médecin.

L'iconographie est très soignée et en grande partie originale; à côté de la documentation micro-photographique, en partie aussi en couleurs, trouvent place des figures schématiques de grande évidence.

Le livre se recommande en outre aussi par son équilibre entre les parties.

Pavia, Università, Istituto di Anatomia Comparata.

M. VIALLI

***. - *Discovery Reports.* Issued by the National Institute of Oceanography. Vol. XXXIV, pp. 1-116: *The Distribution and Life-History of Salpa Thompsoni Foxton with Observations on a Related Species, Salpa Gerlachei Foxton,* by P. FOXTON. A vol. in-4, of 116 pages, with 42 figures and XXIX tables. Cambridge University Press, Cambridge, 1966. Price, unbound, sh. 84.

***. - *Discovery Reports.* Issued by the National Institute of Oceanography. Vol. XXXIV, pp. 117-162: *The Distribution and Life-History of Calanoides acutus (Giesbrecht),* by K. J. H. ANDREWS. A vol. in-4, of 46 pages, with 18 figures and XVIII tables. Cambridge University Press, Cambridge, 1966. Price, unbound, sh. 37.6.

***. - *Discovery Reports.* Issued by the National Institute of Oceanography. Vol. XXXIV, pp. 163-198: *The Distribution of Parathemisto Gaudichaudii (Guér), with Observations on its Life-History in the O° to 20° E Sector of the Southern Ocean,* by J. E. KANE. A vol. in-4, of 36 pages, with 13 figures and XII tables. Cambridge University Press, Cambridge, 1966. Price, unbound, sh. 30.

Il s'agit de trois mémoires tous à contenu zoologico-faunique. Le premier de P. Foxton illustre la distribution et la biologie d'une Salpe « *Salpa thompsoni* » tunicier pélagique, et en décrit les divers stades de développement, la distribution circumpolaire antarctique, tant verticale qu'horizontale, en fonction des variations journalières, soit horizontales en rapport avec la fréquence dans les diverses saisons, soit le pourcentage des individus dans les diverses

zones où furent accomplies les pêches. Concluent certaines observations comparatives avec une espèce apparenteé.

Le second mémoire de K. J. H. Andrews illustre la biologie d'un crustacé copépode: *Calanoides acutus*, sont donc décrits les divers stades du dévelloppement, la distribution circumpolaire antarctique tant verticale qu'horizontale, la fréquence tant dans les diverses heures de la journée que durant la succession des saisons et ses comportements biologiques.

Le troisième mémoire de J. E. Kane illustre le cycle vital d'un crustacé amphipode hypérin: *Parathemisto gaudichaudii*, sa distribution circumpolaire antarctique entre les limites 0°-20° E. Secteur de l'Océan antarctique.

Comme nous l'avons écrit à diverses reprises en faisant l'analyse de volumes précédents, la très vaste documentation iconographique et bibliographique, la richesse des données biologiques confirment le très haut mérite de ce grand ouvrage, fondamental pour la connaissance naturaliste de l'aire très vaste circumpolaire antarctique.

* * *

K. G. Davey. - *Reproduction in the Insects*. A vol. in-8, of x-96 pages, with 21 figures. Oliver & Boyd, Edinburgh, 1965. Price, unbound, sh. 12.6.

En moins de 100 pages Davey expose d'une manière claire et accessible également à un profane en entomologie, les divers actes que les Insectes accomplissent pour se reproduire et procéder ainsi à la perpétuation de l'espèce.

Précédés par un bref glossaire, qui sert à comprendre la signification des termes anatomiques employés dans le texte, suivent: les descriptions des appareils reproducteurs: masculins et féminins, des produits sexuels: spermes et oeufs, des diverses modalités de copulation; des processus de la fécondation et du dépôt des oeufs. Un chapitre à part illustre ceux que l'A. appelle les modes non habituels de reproduction: parthénogénèse, viviparité, polyembryonnie, génération alternante. Terminent quelques indications sur les corrélations entre hormones et reproduction et un catalogue bibliographique. Bonnes, du type schématique, les illustrations. Petit volume clair, synthétique, dont la lecture est à conseiller à celui qui veut se mettre au courant d'un problème biologique extrêmement intéressant, tel que l'est celui de la reproduction des Insectes.

* * *

B. J. W. Barrington. - *The Biology of Hemichordata and Protochordata*. A vol. in-8, of vi-176 pages, with 82 figures. Oliver & Boyd, Edinburgh, 1965. Price, unbound, sh. 15.

Les Hémicordés, les Urocordés et les Céphalocordés constituent trois groupes zoologiques qui occupent dans le système animal une position d'intérêt

exceptionnel, en ce qu'ils sont considérés comme les plus proches parents des Vertébrés, ou d'autant moins comme des possesseurs de structures morphologiques fondamentales communes.

Barrington après un chapitre introductif, dans lequel il précise le concept de procordés et définit les relations de parenté présumable entre hémicordés, urocordés et cépahalocordés, en en fixant les caractères essentiels, il en vient à illustrer les Entéropneustes, les Ptérobranchiés, les Tuniciers et l'Amphioxe. De chaque type il résume, synthétiquement: l'anatomie, la physiologie, l'éthologie, l'écologie, le développement.

Encore que condensées en 170 pages, les indications fournies sont on ne peut plus complètes et clairement exposées, de sorte que le lecteur peut acquérir une connaissance assez précise de groupes animaux habituellement peu connus, soit parce que tous marins, soit parce que, à l'exception des tuniciers (ascidies, botrylles, salpes) représentés par peu d'espèces et non facilement trouvables. De nombreuses illustrations excellentes et une bonne bibliographie sommaire font de ce volume un texte précieux pour celui qui veut se mettre à jour sur ces animaux peu connus, mais très intéressants.

Genova, Museo Civico di Storia Naturale.

E. Zavattari

L. S. Penrose and G. F. Smith. - *Down's Anomaly*. A vol. in-8, of VIII-218 pages, with 80 figures and LXXVIII tables. J. & A. Churchill Ltd., London, 1966. Price, bound, sh. 42.

Down's anomaly, sometimes called mongolism, or mongolian idiocy, is a peculiar syndrome which bears the name of its first describer, Langdon Down (1866). It is fairly frequent in human populations and is characterized by feeble-mindedness together with some specific morphological features which confer to the individual a vague resemblance with mongolic races.

For long time mongolism was an unsolved puzzle as far as its aetiology and genetic background are concerned. In 1959 Lejeune, Gauthier and Turpin discovered that individuals affected by the anomaly have an anomalous chromosome set: 47, instead of the regular number 46. The supernumerary chromosome belongs to the pair indicated by No 21, so that the name proposed for the anomaly is now « trisomy 21 ». The mechanism by which some gametes have a supernumerary chromosome is well know to geneticists (it was discovered in *Drosophila*): non-disjunction of homologous chromosomes at meiosis. Subsequent cytological investigation has clarified many points concerning the aetiology of mongolism. All this, as well as neuropsychological, morphological, chemical aspects of the anomaly, including treatment, is exposed in an extremely clear and complete, although concise, way by the authors, who in past years have performed a number of important investigations on the Down anomaly.

* * *

H. STERN and D. L. NANNEY. - *The Biology of Cells*. A vol. in-8, of XII-548 pages, with many figures and tables. John Wiley & Sons, Inc., London, 1965. Price, bound, sh. 60.

This is the first of a series of three books conceived for the students in biology. The second and the third are: The biology of organisms, The biology of populations. As the authors explain in the foreword, it was decided to adopt the « levels » approach. This means to recognize that the living world is composed of a hierarchy of organizational patterns that can best be encompassed by explicit discussions of cells, organisms and populations. A second characteristic of these volumes is that they try to emphasize the uniformities of nature as opposed to its variety. Another interesting feature is that the authors recognize the importance to present the intellectual roots of as many topics as possible and the elements essential to their growth.

In this particular book, dealing with the cellular level, part I is devoted to consider the foundation of certain great generalizations which have become an integral part of the structure of biology: the cell doctrine, the gene concept, the chromosome theory and the physicochemical basis of life. In part II the main problems arising from the general principles stated above are examined, in three sections: A, The maintenance of order; B, The maintenance of specificity; C, The regulation of cell behaviour.

The old and new acquisitions of biology are thus presented, not in an analytical and more or less fragmentary form, as usual, but as parts of a solid body of knowledge, which has its own logic, its own historical development.

The reviewer is fully sympathetic with the basic tenets of the authors about the way biology should be taught in order to assure that analysis would not obscure the synthetic outlook, and to show that science undergoes a historical development: as Stern and Nanney put it, it is not to be regarded only as a « body of knowledge », but as a process.

* * *

H. L. K. WHITEHOUSE. - *Towards an Understanding of the Mechanism of Heredity*. A vol. in-8, of XII-372 pages, with many figures and tables. Edward Arnold (Publishers) Ltd., London, 1965. Price, bound, sh. 55.

The most characteristic feature of this book, which deals with a matter largely expounded in may books of different scientific level, for different kinds of readers, is its historical approach. G. Pontecorvo says in the foreword: it traces the basic ideas of Genetic through their development and describes concisely, yet without omitting any essential detail, the critical experiments which lead to the establishment of each of those ideas.

The whole subject, so various and complex as it is today, is rather deeply dealt with in 16 chapters, the last of which deals with the theory of the operon.

Two complements are appended to the text. The first is a taxonomically arranged list of the organisms mentioned in the text. They are divided into two main groups, namely: chromonemal kingdom (bacteria and cyanophyceae)

and chrosomal kingdom (plants and animals). In each of the main groups, the taxonomical position of the organisms mentioned in the text is given. It is indeed a good idea to supply molecular biologists with a taxonomic table of plants and animals, so that they may know something about the variety of organisms as it appears at cellular and supra-cellular levels. The second appendix is a glossary. The list of references is large enough to enable the student to find his way into the literature of the various fields.

Roma, Università, Istituto di Genetica.

G. MONTALENTI

V. RONCHI. - *L'optique. Science de la vision.* Un vol. in-8 (de la collection *Evolution des Sciences*), de 156 pages, avec figures et VI planches. Masson & Cie, Editeurs, Paris, 1966. Prix, broché, 32 F.

Parmi les multiples publications de l'A., celle-ci a été écrite expressément pour les professeurs de physique des écoles secondaires, en fait elle réunit les leçons faites lors d'un cours de mise à jour des professeurs. Les problèmes qui sont affrontés pourtant intéressent tous les hommes de culture qui désirent avoir des bases exactes sur lesquelles étayer leurs connaissances du monde extérieur.

On réexamine les concepts fondamentaux de l'optique et de l'acoustique suivant une méthode historique. On critique surtout, tout en reconnaissant que l'erreur a dans un certain sens facilité le développement des connaissances, le fait d'avoir réduit tant l'optique que l'acoustique à des sciences purement physiques, en négligeant le rôle de l'observateur; cette orientation est la conséquence du positivisme. On discute le concept d'image, telle qu'il est fourni par l'optique classique: dans le cas non plus du miroir plan l'observateur ne voit jamais que l'image dans laquelle la place l'optique géométrique, d'autant plus dans le cas des miroirs courbes et des lentilles; ce n'est que lorsque l'image est réelle et que l'on utilise un écran que les résultats sont en accord avec l'optique classique.

En conclusion, l'A. met en évidence la nécessité de distinguer trois sciences optiques différentes, selon la nature du récepteur: l'optique, science de la vision, pour laquelle le récepteur est l'oeil et où intervient la psyche de l'observateur, la photographie, avec pour récepteur la couche photo-sensible, la photo-électricité avec pour récepteur la photo-cellule.

Un examen critique analogue, en suivant le même cheminement historique, est appliqué à la lumière et à la couleur.

L'A. inventorie enfin les termes en usage qui devraient être échangés contre d'autres plus exacts: par exemple on devrait dire radiation, au lieu de lumière, si on se référait à l'énergie rayonnante dans l'espace externe. Ces changements pourraient sembler excessifs, mais l'usage inexact des termes détermine par conséquence une habitude mentale erronée.

L'A. ressent fortement ces problèmes, et, on peut dire, qu'il en fait mention dans toutes ses publications, mais là il les a expliqués plus largement et il les

a répétés avec plus d'énergie, étant donné qu'il s'adressait à des enseignants qui ont pour fonction d'éduquer et de former leurs élèves.

Arcetri-Firenze, Istituto Nazionale di Ottica.

M. T. Zoli

M. Weber. - *Il metodo delle scienze storico-sociali.* Introduzione e traduzione di P. Rossi. Un vol. in-8, di 384 pagine. Giulio Einaudi Editore, Torino, 1958. Prezzo, rilegato, L. 3.000.

Un rappel culturel à la méditation sur Max Weber nous l'avons eu, récemment, par M. F. Ferrarotti (*M. Weber e il destino della ragione*, ed. Laterza, Bari, 1965). En fait est encore d'actualité la discussion sur le problème de la *Wertfreiheit*, qui est le grand thème weberien. Le présent volume (réimpression) contient certains des essais méthodologiques les plus importants du volume *Gesammelte Aufsätze zur Wissenschaftslehre*, parus à Tübingen en 1922. D'une manière très opportune, l'introduction de Pietro Rossi insère l'oeuvre de Weber dans les discussions et les polémiques de son temps, lesquelles tendaient à préciser une méthodologie des sciences historico-sociales autonome par rapport aux schémas fournis par l'école historique. Le débat méthodologique entre science naturelle et connaissance historique naissait, alors, non tant d'une distinction des domaines de la recherche, que d'axiomes philosophiques, lesquelles du reste nous ne sommes pas encore parvenus à surmonter. Weber peut servir à nous en faire acquérir une conscience précise. Nous dirons volontiers - de la même manière que M. Rossi - que cette leçon, en distinguant entre l'éthique de l'intention et l'éthique de la responsabilité, peut offrir « la possibilité de prendre position en face des valeurs au moyen d'un choix », lequel doit être déclaré explicitement. Nous voudrions ajouter que les développements actuels des théories économiques devraient élargir l'aire des choix que l'on peut prendre objectivement, au moyen des méthodes scientifiques.

Roma.

V. Tonini

***. - *Lexikon der kybernetischen Pädagogik und der programmierten Instruktion.* Ein Band in-8, von XII-244 Seiten. Verlag Schnelle, Quickborn, 1966. Preis, geb., DM 31,50.

Au fur et à mesure que mûrit la conscience de la signification de la rupture existant entre l'aspect mathématico-physicotechnique et l'aspect anthropologico-psychologico-philosophique de la connaissance de la nature, la valeur et la portée de la cybernétique va se précisant, en tant que terrain de liaison entre les deux interprétations et, plus généralement, entre les deux « cultures ».

Puisque l'approche cybernétique à l'étude des problèmes de l'homme est caractérisée par une démarche psychophysique, cette dernière constitue la

meilleure occasion de rencontre et d'harmonisation entre l'intervention toujours plus envahissante de la technologie et les exigences biologiques et existentielles de l'anthropologie.

Le présent dictionnaire de pédagogie cybernétique et d'instruction programmée qui double celui sur la cybernétique (« Lexikon der Kybernetik ») publié par le même éditeur en 1964, s'insère de manière opportune dans cette prospective interdisciplinaire. La composition du collège de rédaction reflète en effet les exigences de cette démarche. Ainsi, L. Englert s'est occupé de l'aspect de la pédagogie traditionnelle, H. Frank a coordonné les mots relatifs à la cybernétique et à la pédagogie cybernétique. H. Schiefele a pris soin de la partie psychologique, tandis que H. Stachowiak a donné une allure uniforme aux vocables de caractère philosophique.

Le dictionnaire contient en tout quelques centaines de termes disposés en ordre alphabétique. Pour chaque terme, après la traduction en anglais, en français et en russe, il y a une brève et rigoureuse définition du concept, l'exposition du terme, une bibliographie. Celle-ci, étant tenu compte de la nouveauté et de la spécificité des sujets, est abondante, même si elle se rapporte de manière prédominante à des ouvrages et à des articles parus en langue allemande.

Les mots séparés et leurs synonymes, soit qu'ils figurent comme exposants principaux ou qu'ils se rencontrent à l'intérieur du texte, sont reliés par un réseau compact de rappels et de renvois. A la fin du volume trois catalogues distincts conduisent des termes en anglais, en français et en russe aux en-têtes en allemand.

Roma, Biblioteca Casanatense.

A. SERRAI

CH. NAUX. - *Histoire des logarithmes.* De Neper à Euler. TOME I: *La découverte des logarithmes et le calcul des premières tables.* Un vol. in-8, de 158 pages. Librairie Scientifique et Technique A. Blanchard, Paris, 1966. Prix, broché, 20 F.

L'histoire des logarithmes, entreprise par Naux, est très vaste et circonstanciée; qu'il suffise de dire qu'elle comprend deux livres: 1° - les logarithmes avant la découverte du calcul différentiel et intégral; 2° - nouvelle évolution des logarithmes sous l'influence du calcul différentiel et intégral. Ca ne suffit pas; le 1er livre est développé en deux opuscules; le premier de 158 pages, que nous avons sous les yeux, et qui comprend 6 chapitres; le 2e en préparation, qui comptera les chapitres 7e et 8e. Probablement, un troisième petit volume developpera-t-il le livre 2°.

Pour illustrer le contenu du 1°, rien ne vaut mieux que de reproduire l'index des chapitres.

Chap. ler - Vue d'ensemble et chronologie;

Chap. 2e - La préhistoire des logarithmes; leur découverte a été précédée par la recherche de précédés simplificateurs de calcul; Chap. 3e - La découverte des logarithmes; Cette dernière a eu lieu presque en même temps grâce à Neper

et à Bürgi; mais certainement d'une manière indépendante, parce que le premier vivait en Écosse, et le second à la cour du landgrave du Hesse, et ils n'ont pu avoir aucun contact. - La vie de Neper (1550-1617); le traité de 1614 (théorie des logarithmes) - le traite de 1619 (calcul des logarithmes et dernières idées de l'A. sur leur nature). Premier accueil réservé aux logarithmes. Chap. 4e - L'Allemand Jost Bürgi (1552-1632) découvre les logarithmes et les calcule, sans expliquer sa théorie. Chap. 5e - L'Anglais Henry Briggs complète l'oeuvre de Neper, en calculant les logarithmes décimaux des entiers de 1 à 100.000. Chap. 6e - Kepler connaît les logarithmes et les calcule; les kiliades des logarithmes et les suppléments aux kiliades.

Le livre est intéressant, mais on ne peut pas ne pas observer qu'il est prolixe et s'arrête sur des particularités de peu d'importance. Quant aux précurseurs, l'A. n'a pas su se soustraire à la manie d'anticiper dans le temps les notions mathématiques. Ainsi, il place Archimède parmi les précurseurs, parce que dans son « Arenario » il considère les unités 10^8, $(10^8)^2$, $(10^8)^3$, etc., et observe que $a^n . a^m = a^{n+m}$, c'est-à-dire en multipliant des nombres de rang n et m on a un nombre de rang n + m. Il est clair que c'est là la relation logarithmique fondamentale; mais de là aux logarithmes il y a loin. On peut dire la même chose de la considération de Chuquet et de sa « Le triparty en la science des nombres » (Lyon, 1484).

Plus raisonnable est le rappel de Stifel (1486-1567), qui a publié à Nürenberg, en 1544, un traité « Arithmetica integra » pour cette époque de grande valeur et originalité. Il considère en effet les deux progressions:

arithmétique: .....-5,-4,-3,-2,-1, 0 1 2 3 4 5 6 .....

géométrique: $\frac{1}{32}, \frac{1}{16}, \frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}$, 1 2 4 8 16 32 .....

et tire la loi qu'au produit de deux termes de la seconde correspond la somme des termes correspondants de la première. Le vrai stimulus à la découverte a été le besoin contraignant de trouver un moyen de simplifier les calculs; de là le même Neper avait construit des règles aptes à simplifier la multiplication.

Genova, Università.

A. Natucci

SCIENTIFIC WORLD

JOURNAL OF THE WORLD FEDERATION OF SCIENTIFIC WORKERS PUBLISHED IN ALTERNATE MONTHS IN ENGLISH, FRENCH, GERMAN, RUSSIAN, SPANISH ARABIC AND CZECH ONE POUND PER YEAR

Scientists from all over the world write for this unique journal on a wide variety of subjects, including

— *outstanding new developments in science*
— *science and the developing countries*
— *the organization and planning of science*
— *problems of nuclear energy*
— *international co-operation in science*
— *the training of scientists and technologists*

IT IS PARTICULARLY CONCERNED WITH THE USE OF SCIENCE FOR THE BENEFIT OF MANKIND

Scientists and others interested are invited to write for a sample copy, or to subscribe £ 1 for an annual volume of 6 issues, post free, indicating which language. Subscriptions may be taken out through any bookseller, or directly from:

WORLD FEDERATION OF SCIENTIFIC WORKERS

40 GOODGE STREET, LONDON, W.1. (U.K.)

RECUEIL DES TRAVAUX CHIMIQUES DES PAYS-BAS

Fondé en 1882 par

W. A. van Dorp, A. P. N. Franchimont, S. Hoogewerff, E. Mulder et A. C. Oudemans.

Publié par la

Société Royale Chimique Néerlandaise

Le «Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas» n'accepte en général à l'impression que les communications des membres de la Société Royale Chimique Néerlandaise. Pour faire partie de cette Société s'adresser au Secrétariat:

Burnierstraat 1, La Haye.

Le Recueil contient des travaux rédigés en français, anglais ou allemand et paraît autant que possible tous les mois en livraisons de grandeur variable. On s'abonne chez la Société susdite, Burnierstraat 1, 's-Gravenhage (Hollande), et chez tous les librairies des Pays-Bas et de l'étranger. Le prix de l'abonnement est de 120 florins pour les Pays-Bas et de 125 florins pour l'étranger.

Bureau de la Rédaction:
Burnierstraat 1, La Haye.

Revue yougoslave la plus citée

REVUE DE LA POLITIQUE INTERNATIONALE

— Review of International Affairs
— Internationale Politik
— Política Internacional
— Mejdounarodnaia politika
— Medjunarodna politika

est une précieuse source d'information pour tous ceux qui désirent connaître les points de vue yougoslaves sur les événements internationaux et les développements politiques, économiques et sociaux en Yougoslavie.

DIX-NEUVIÈME ANNÉE DE PARUTION

Abonnement annuel (24 numéros):
Poste ordinaire . . . . . US $ 6.00
Poste aérienne Europe . . . US $ 7.00
ou l'équivalent en d'autres monnaies

SPÉCIMEN GRATUIT SUR DEMANDE

Pour toute information, prière de s'adresser au

Service de Diffusion
REVUE DE LA POLITIQUE INTERNATIONALE
B. P. 413, BELGRADE - Yougoslavie

Rivista di Biologia

pubblicata a cura dell'Università di Perug
Diretta da Aldo Spiri

La nuova serie, iniziata col vol. 41 del 19 pubblica lavori originali e di sintesi su arg menti di biologia normale e patologica ol a profili di biologi e recensioni varie. Con il volume 56 del 1963 la rivista e in edizione bilingue (italiana e inglese).

VOL. 61° - ANNO 19

Abbonamento annual
per l'Italia: Lire 30
per l'Estero: Dollari

Per gli abbonamenti dell'anno in corso rivolgersi
Rivista di Biologia
Casella Postale 317 - 06100 Perugia

Per preventivi e acquisti di volumi pubblicati f al 1962 rivolgersi a:
Walter Johnson, Inc.
111 Fifth Avenue, New York, N.Y. 10003 (US

Per preventivi e acquisti di volumi pubblicati d 1963 in poi, rivolgersi a:
Periodici Scientifici s.r.l.
Via Gran Sasso 24 - 06100 Milano

CRONACA - CHRONIQUE - CHRONICLE - CHRONIK - CRONICA

Les satellites de communication - Quelques incidences sociales

*Cet article reproduit des passages d'une étude préparée par M. Schramm, directeur de l'*Institute for Communication Research, *Stanford University (USA), et présentée à la réunion d'experts sur les communications spatiales et les moyens de grande information organisée par l'Unesco, à Paris.*

Les satellites de communication ne constituent pas - du moins pas encore - un nouveau moyen de communication. Comme en son temps l'automobile, ils semblent marquer plutôt un extraordinaire bond en avant de la technique qui laisse présager l'extension et l'accélération des moyens actuels. Un ou deux exemples donneront une idée de l'importance de ce bond. En 1956, l'« American Telephone and Telegraph Company », les Postes britanniques, et la « Canadian Overseas Telecommunication Corporation » firent poser deux câbles jumeaux sous l'Atlantique. Ces deux câbles, dernier mot du progrès dans ce domaine, pouvaient transmettre simultanément 36 communications téléphoniques. Mais leur puissance totale était beaucoup trop faible pour la transmission de programmes de télévision. Aujourd'hui, on a mis à l'étude des câbles transistor capables de transmettre des programmes télévisés et un nombre de communications téléphoniques beaucoup plus considérable. Mais déjà le premier modèle de satellite actif à défilement avait une capacité suffisante pour la télévision. Early Bird peut transmettre des émissions et possède environ 300 voies pour communications orales. Et le satellite Hughes 307 actuellement à l'étude sera construit pour 50.000 voies téléphoniques.

Les deux Ages des satellites. — Nous en sommes actuellement au Premier Age des satellites de communication. Telstar en représentait l'aube; Early Bird le midi. Au cours du Premier Age, des satellites à défilement de faible puissance vont étendre leur rayon d'action à toute la terre, reliant efficacement un réseau terrestre à un autre.

Cependant, dans un délai de cinq à vingt ans, devrait s'ouvrir un Deuxième Age des satellites au cours duquel des émetteurs spatiaux plus puissants, mûs probablement par des réacteurs nucléaires, pourront diffuser directement dans les foyers des programmes de radio et de télévision.

Entre ces deux stades se situera vraisemblablement une période intermédiaire durant laquelle les émissions par satellite seront captées par des stations réceptrices *communautaires* ou quelque chose d'analogue.

Pendant le Premier Age des satellites, il est raisonnable de penser que les communications téléphoniques à longue distance pourront devenir moins coûteuses. Le coût réel d'un message transmis par satellite - du moins d'un message transmis du sol au sol - devrait être le même dans toute la zone desservie par le satellite. Etant donné que cette zone s'étend à peu près au tiers

de la surface terrestre, il serait théoriquement possible d'appeler New York ou Buenos Aires, Lagos ou Londres ou Varsovie de Paris ou de San Francisco, par exemple, pour le même prix. Cela permettrait de généraliser l'usage du téléphone à longue distance et d'accroître la diffusion des nouvelles dans les pays où elle est actuellement défectueuse, grâce à des messages provenant soit des agences de presse, par télégraphe ou télétype, soit directement des correspondants, par téléphone ou sur bande.

L'écrivain anglais Arthur Clarke a fait remarquer qu'un seul satellite, pourvu d'un téléautographe moderne, pourrait se charger de toute la correspondance transatlantique actuelle. Nous verrons peut-être le jour où une lettre ne mettra que quelques minutes pour parvenir en un point quelconque du globe. Et quand les signaux des satellites pourront être transmis directement dans les foyers, il est certain que l'idée de la distribution des journaux par téléautographe reviendra à l'ordre du jour.

LE DEUXIÈME AGE: PROBLÈMES DE DIFFUSION. — A l'heure actuelle, une puissante station de télévision peut desservir de façon satisfaisante de dix à vingt mille kilomètres carrés: or, les satellites émetteurs couvriront au moins deux millions et demi de kilomètres carrés et probablement le tiers de la surface du globe.

Voyons quelques-uns des problèmes que soulèvent ces possibilités extraordinaires:

Les satellites émetteurs, couvrant d'immenses surfaces, bouleverseront presque certainement la répartition actuelle des fréquences du spectre qui est déjà encombré; ils nécessiteront peut-être l'adoption d'un nouveau plan international pour l'attribution des fréquences.

De même, il faudra sans doute parvenir à un accord sur les normes techniques qui varient selon les pays. Pour citer quelques exemples, le Royaume-Uni emploie 405 lignes pour la télévision, les pays d'Amérique 525, la plupart des pays d'Europe 625 (définition que le Royaume-Uni a l'intention d'adopter), et la France 819.

Mais ces obstacles d'ordre technique paraissent insignifiants au regard des délicats problèmes de souveraineté nationale que les émissions par satellite poseront vraisemblablement. Ce serait grand dommage et un grand gaspillage de possibilités si les satellites-émetteurs devaient devenir les outils d'une propagande électronique, ou un prétexte de tension internationale. Une planification internationale paraît indispensable à cet égard et peut-être y aurait-il lieu de créer des organisations internationales pour les émissions spatiales.

Sur le plan international, des émissions spatiales permettraient à l'ONU et à ses institutions spécialisées de faire sentir leur présence beaucoup plus facilement qu'à l'heure actuelle. Il est intéressant d'imaginer les peuples du monde entier suivant les délibérations du Conseil de sécurité ou de l'Assemblée générale lors d'une crise future, ou écoutant une conférence organisée sous les auspices de l'Unesco sur un problème mondial d'éducation, ou sur un progrès technique attendu.

AU SERVICE DE L'ÉDUCATION ET DU DÉVELOPPEMENT. — L'un des meilleurs moyens d'illustrer ces possibilités et ces difficultés est d'étudier comment les émissions spatiales pourraient être mises au service de l'éducation et, d'une façon plus générale, du progrès économique et social.

Le premier problème serait celui de la langue d'enseignement. Ce problème, qui ne se pose guère en Amérique latine, serait plus difficile à résoudre en Afrique. On pourrait admettre cependant que les anciens territoires français, les anciens territoires anglais ou les pays de langue arabe conjuguent leurs efforts en offrant respectivement des cours en français, en anglais et en arabe. L'Asie a des problèmes linguistiques particuliers, mais, même sur ce continent, il serait possible de faire preuve d'imagination et d'originalité dans la découverte de solutions. Par exemple, l'Inde qui, en dehors de ses 12 langues principales, a 72 langues parlées chacune par plus de 100.000 personnes, constitue une région suffisamment vaste et peuplée pour qu'on prévoie un satellite émetteur qui lui serait exclusivement affecté. Si ce plan devait se réaliser, il serait tout à fait possible de construire un satellite avec un circuit de télévision et douze circuits pour émissions orales diffusant le même commentaire en douze langues différentes. Les conséquences pour l'Inde dépasseraient peut-être de beaucoup l'intérêt éducatif de l'expérience: pour la première fois, les dirigeants du pays auraient la possibilité de parler à l'ensemble de la nation.

Mais plus difficile encore que le problème linguistique serait celui que poserait la coordination des différents systèmes scolaires. Si les pays sud-américains de langue espagnole - pour ne prendre que ce seul exemple - décidaient de coopérer dans l'exploitation d'un satellite éducatif, ils devraient se livrer à un exercice extraordinaire de planification pédagogique en vue de la réorganisation et de la normalisation des différents systèmes d'enseignement.

Grâce aux satellites de communication tels que nous les connaîtrons probablement, les peuples auront une possibilité sans précédent de dialoguer par-delà leurs frontières nationales, de se connaître mutuellement, et de partager les bienfaits d'une nouvelle technique. Mais pour que cette promesse se réalise, il faudrait qu'effectivement les hommes se décident à dialoguer et à poser les problèmes dès le début dans un contexte international. Car les principales solutions seront incontestablement d'ordre international. Leur recherche, pour difficile qu'elle soit, peut s'avérer salutaire.

Paris.

INFORMATIONS UNESCO

Copyright by
Rivista "SCIENTIA" Editrice
Sede legale - Milano, Via Donizetti 55
Registrata presso la Cancelleria del Tribunale di Milano co IN. 1276
NORA BONETTI - *Direttore Responsabile*

ODAG - OFFICINA D'ARTI GRAFICHE - MILANO

CASSA DI RISPARMIO
di VERONA VICENZA e BELLUNO

117 Dipendenze in Provincia di
Verona, Vicenza, Belluno e Mantova

275 miliardi di attività amministrate

ISTITUTO BANCARIO SAN PAOLO DI TORINO
FONDATO NEL 1563

•

Tutte le operazioni di
banca, borsa, cambio

AESSE

Apparecchi e strumenti scientifici ed elettrici

Corso Lodi 47 - Telefoni: 580.792 - 580.907
20139 MILANO

G T&E

20060 Cassina de' Pecchi - (Milano) - Telefono 9.519.301
Via Bernina, 12 - 20158 Milano - Telefono 600.151

AUTELCO
Divisione Commutazione - Tel. 600.151

Impianti telefonici automatici urbani e privati - Centrali telefoniche interurbane - Centralini telefonici manuali - Apparecchi telefonici normali ed amplificati - Impianti telefonici selettivi a codice - Telefonia domestica (citofoni, centralini citofonici, portieri elettrici) - Telecomandi - Relè reed.

—M—
Divisione Trasmissioni - Tel. 9.519.301

Sistemi per ponti radio a 2000-4000-6000-11000 Mc/s, allo stato solido, per comunicazioni tefefoniche e televisive da 120 a 2700 canali - Apparecchiature multiplex transistorizzate fino a 2700 canali - Multiplex per modulazione a impulsi a codice - Sistemi per trasmissione di dati - Amplificatori parametrici - Apparati VHF ed UHF per collegamenti fissi e mobili - Apparati VHF ed UHF per collegamenti aria-terra - Ricevitori di tipo professionale - Apparati radio per bordo - Apparecchiature per telecomunicazioni per mezzo di satelliti artificiali - Strumenti di misura speciali per telecomunicazioni.

IMPRESIT - GIROLA - LODIGIANI
IMPREGILO S.p.A.
Via G. Negri, 4 - 20123 MILANO

STUDIO, PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE ALL'ESTERO DI IMPIANTI IDROELETTRICI E DI GRANDI LAVORI DI INGEGNERIA CIVILE.

CASSA DI RISPARMIO
DELLE PROVINCIE LOMBARDE

FONDATA NEL 1823

DIREZIONE IN MILANO
359 DIPENDENZE

TUTTE LE OPERAZIONI DI BANCA

SORIN
Società Ricerche Impianti Nucleari
13040 SALUGGIA (Vercelli)

RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA - INGEGNERIA NUCLEARE - IRRAGGIAMENTI GAMMA E NEUTRONICI - RADIOISOTOPI E ATTREZZATURE RELATIVE PER USO MEDICO E INDUSTRIALE.

DUCATI ELETTROTECNICA MICROFARAD S.p.A.
40132 BOLOGNA - Via M. E. Lepido, 178

Condensatori per radio TV ed elettronica - condensatori per rifasamento industriale - tuner VHF e UHF - relais - circuiti logici - volani magnete e alternatori.

MAGNETI MARELLI
EQUIPAGGIAMENTI ELETTRICI E PNEUMATICI PER AUTO MOTO AVIO
RADIORICEVITORI
TELEVISORI
TELEVISIONE A CIRCUITO CHIUSO
ELETTROACUSTICA
COMPONENTI ELETTRONICI

FABBRICA ITALIANA MAGNETI MARELLI
1, VIALE ITALIA - SESTO S. G. (MILANO) ITALIA - C. P. 66 - TELEF. 24.70.091

DEL MONEGO S.p.A.
20121 Milano, Piazza Repubblica 8
Tel. 637389/637502 - Telex 32574 Termotec

Generatori di vapore a media e alta pressione, lic. Steinmuller;

Caldaie di ricupero, lic. Steinmuller;

Essiccatoi e forni verticali e orizzontali, lic. Bartlett-Snow-Pacific;

Bruciatori di nafta, gas, carbone per forni e caldaie industriali.

GUSTAVO COLONNETTI

(Torino 8 novembre 1886 - 21 marzo 1968)

" Scientia ,, nel prendere parte al lutto del mondo scientifico per la morte del Prof. Ing. Gustavo Colonnetti porge da queste pagine con gratitudine e rimpianto l'ultimo saluto a Lui, Membro del Comitato Scientifico della Rivista fino dal Settembre 1953.

Spentosi a 92 anni lascia una lunga e densa vita di attività scientifica iniziata nel lontano 1908 con la sua laurea in Ingegneria al Politecnico di Torino. Conseguì anche la laurea in Matematica nel 1910 ed ebbe la docenza in Scienze delle costruzioni nel 1911.

Professore Straordinario di Meccanica applicata alle Macchine presso la Scuola di Ingegneria Navale dell'Università di Genova, fu poi professore Ordinario di Scienze delle Costruzioni all'Università di Pisa, di Meccanica superiore al Politecnico di Torino dal 1919 al 1927 e infine Ordinario di Scienze delle Costruzioni dal 1928 al 1956.

Fu inoltre Presidente dell'Istituto Dinamometrico Italiano ed ebbe il riconoscimento della Laurea h.c. dalle Università di Toulouse, Lausanne, Poitiers e Liège. Dal 1944 al 1956 fu presidente del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Fu Membro dell'Accademia delle Scienze di Torino, dell'Accademia Nazionale dei Lincei, dell'Istituto Nazionale di Scienze e Lettere, della Pontificia Academia Scientiarum, de l'Académie des Sciences e dell'Accademia delle Scienze di Polonia.

Tanti riconoscimenti sono la misura dei Suoi meriti e del Suo lavoro documentato in più di 400 memorie. Tra le opere maggiori: La statica delle costruzioni - Principi di dinamica - I fondamenti della statica - Scienza delle costruzioni - Teoria generale dell'equilibrio - La statica delle travi e degli archi - La tecnica delle costruzioni: le pareti sottili - L'équilibre des corps déformables - Elastoplasticità - ecc.

Nella Sua lunga collaborazione con " Scientia ,, dobbiamo ricordare la partecipazione al volume « Cinquant'anni di progresso scientifico 1907-1956 » con il suo articolo: « La scienza delle costruzioni nel decorso cinquantennio ».

I Membri del Comitato Scientifico e la Direzione di " Scientia ,, porgono l'estremo commosso saluto all'amico e collaboratore che per tanti anni ha accompagnato la vita della Rivista.

III-IV - 1968

Annus LXII | Vol. CIII, N. DCLXXI-DCLXXII | Series VII

"SCIENTIA,,

(RIVISTA DI SCIENZA)

Rivista internazionale di sintesi scientifica – Revue internationale de synthèse scientifique
International Review of Scientific Synthesis – Internationale Zeitschrift für wissenschaftliche Synthese – Revista internacional de síntesis científica

INDEX

R. **Lüst** (B.R.D.) - *Elektromagnetische Felder im Weltraum.*

L. **Van der Plas** (Nederland) - *Feldspars.*

M. **Fingerman** (U.S.A.) - *Crustacean Color Changes with Emphasis on the Fiddler Crab.*

H. **Szarski** (Polska) - *The Concept of Progress in Evolution.*

H. **M. Pappius** (Canada) - *Biochemical Aspects of Brain Swelling.*

N. **Mouloud** (France) - *Les sciences de structures et la philosophie de l'homme.*

RECENSIONI - COMPTES RENDUS - BOOK REVIEWS - BUCHBESPRECHUNGEN - ANALISIS DE OBRAS

M. VILLA - *Matematica moderna nelle Scuole secondarie superiori* **(A. Natucci).** — TH. DE GALIANA. - *A la conquête de l'espace* **(R. Falciani).** — I. ASIMOV. - *Understanding Physics* **(P. Caldirola).** — E. SCHMIDT. - *Thermodynamics. Principles and Applications to Engineering* **(P. Cavallotti).** — F. SELVAGGI. - *La struttura della materia* **(G. Calamai).** — H. B. GRAY and G. P. HAIGHT JR. - *Basic Principles of Chemistry* **(R. Piontelli).** — J. C. INGLE. - *The Movement of Beach Sand* **(A. Debenedetti).** — ***. - *Solar Radiation* **(G. Aliverti).** — S. A. ASDELL. - *Patterns of Mammalian Reproduction.* — B. G. CAMPBELL. - *The Nomenclature of the Hominidae. Including a Definitive List of Named Hominid Taxa* **(G. Montalenti).** — A. CAPEK, O. HANC and M. TADRA. - *Microbial Transformations of Steroids* **(L. Califano).** — ***. - *Medicamenta* **(V. L. Giacomelli).** — J. SINGH. - *Great Ideas in Information Theory, Language and Cybernetics* **(A. Serrai).** — G. BOUTHOUL. - *Storia della sociologia.* — M. STEIN e A. VIDICH. - *Sociologia alla prova* **(V. Tonini).** — ***. - *Early Nineteenth Century European Scientists* **(M. Rigutti).** — V. F. WEISSKOPF. - *Conoscenza e meraviglia. La descrizione umana del mondo della natura* **(G. Abetti).**

CRONACA - CHRONIQUE - CHRONICLE - CHRONIK - CRONICA

Associazione degli Africanisti Italiani.

È assolutamente vietata la riproduzione e traduzione degli articoli di questa Rivista.
La reproduction et la traduction des travaux publiés dans cette Revue sont interdites.

ELEKTROMAGNETISCHE FELDER IM WELTRAUM

Der grösste Teil der kosmischen Materie ist im sogenannten Plasmazustand. Für das physikalische Verhalten dieser kosmischen Plasmen sind die magnetischen und elektrischen Felder im Kosmos entscheidend. Die Magnetfelder im interplanetaren Raum konnten mit Hilfe des Zeeman-Effekts, durch die Polarisation des Sternlichts und durch die Synchrotronstrahlung energiereicher Teilchen (kosmische Strahlung) gemessen werden. Sie haben eine Stärke von etwa 10^{-5} - 10^{-6} Gauss. Die Magnetfelder auf Sternen und auf der Sonne wurden durch den Zeeman-Effekt beobachtet. Stellare Felder können eine Stärke von mehreren 1000 Gauss erreichen; das solare Magnetfeld beträgt im Polgebiet ungefähr 1 Gauss. Jedoch beobachtet man auf der Sonnenoberfläche in den Sonnenflecken Felder bis zu mehreren 1000 Gauss. Der Planet Jupiter hat auch ein stärkeres Magnetfeld. Dagegen besitzen die Planeten Mars und Venus sowie der Mond, wenn überhaupt, nur ein sehr schwaches Magnetfeld, was man durch direkte Untersuchungen von Raumsonden aus feststellen konnte. Ebenfalls mit Hilfe von Raumsonden und Satelliten wurde inzwischen die Richtung (Spiralstruktur) und die Stärke (10^{-5} Gauss) des interplanetaren Magnetfeldes bestimmt. Elektrische Felder in der Umgebung der Erde (Ionosphäre und Magnetosphäre) konnten zum ersten Mal in den letzten Jahren mit Hilfe von Bariumwolken gemessen werden. In mittleren geomagnetischen Breiten beträgt ihre Stärke etwa einige Volt per km, während in höheren geomagnetischen Breiten, in der Nordlichtzone, die Stärke um gut eine Grössenordnung höher ist.

1. Einleitung. - 2. Die physikalischen Bedingungen im Kosmos. - 3. Magnetfelder im Kosmos. - 3.1. Interstellarer und intergalaktischer Raum. - 3.2. Sonne und Interplanetarer Raum. - 3.3. Magnetosphäre. - 4. Elektrische Felder in der oberen Atmosphäre. - 4.1. Allgemeine Gesichtspunkte. - 4.2. Auswahl der Elemente zur Erzeugung von Ionenwolken. - 4.3. Verdampfung und Ionisation des Bariums. - 4.4. Durchgeführte Experimente. - 4.5. Verhalten der Ionenwolken. - 4.6. Ausblick.

1. - EINLEITUNG. — Die Weltraumforschung mit ihren teilweise ganz neuartigen Methoden öffnet vielerlei Möglichkeiten, neue Erkenntnisse über die Objekte im Kosmos sowie über Vorgänge, die sich im Kosmos abspielen, zu gewinnen. Mit diesem neuen Wissen erfahren wir nicht nur etwas über den heutigen Zustand des Kosmos; wir können darüber hinaus daraus Rückschlüsse auf seine Vergangenheit und Entwicklungsgeschichte ziehen. Teilchen und Felder sind die bestimmenden Grössen, über die wir Informationen gewinnen wollen, die aber zugleich selbst Informationsträger für die einzusetzenden Mess- und Beobachtungsinstrumente sind. Mit den Mitteln der Weltraumforschung, d.h. durch den Einsatz von Ballonen, Höhenforschungsraketen, Satelliten und Raumsonden, ist in den letzten Jahren eine grosse Fülle völlig neuer Beobachtungsergebnisse gesammelt worden. Lassen Sie mich heute ein wenig über die magnetischen und elektrischen Felder berichten, die den Zustand und die Vorgänge im Raum wesentlich mitbestimmen und über die wir in den letzten Jahren umfangreiche Informationen sammeln konnten. Hierbei wird vielleicht auch die enge Verbindung zwischen Beobachtungen im extraterrestrischen Raum und solchen auf dem Erdboden deutlich werden.

2. - DIE PHYSIKALISCHEN BEDINGUNGEN IM KOSMOS. — Bevor ich auf die Beobachtungen und Messungen der magnetischen und elektrischen Felder zu sprechen komme, möchte ich kurz erörtern, auf welche Weise diese Felder im Weltraum eine wichtige Rolle spielen. Denn von den Bedingungen her, die wir auf oder in unmittelbarer Nähe der Erdoberfläche finden, sind wir es gewohnt, dass magnetische und elektrische Felder nicht entscheidend in die Vorgänge, die sich hier abspielen, eingreifen. Nun ist aber der physikalische Zustand des überwiegenden Teiles der Materie im Kosmos von dem unserer unmittelbaren Umwelt grundsätzlich verschieden. Mehr als 90% der kosmischen Materie kommt als sogenanntes Plasma vor. Damit bezeichnen wir ein Gemisch aus positiv elektrisch geladenen Atom- und Molekülionen und etwa der gleichen Anzahl freier negativ elektrisch geladener Elektronen. Dieser Plasmazustand wird durch die Temperaturen und die Dichte bedingt, die in den meisten Gebieten des Kosmos herrschen. Als elektrisch geladene Materie tritt nun ein Plasma in Wechselwirkung mit umgebenden magnetischen und elektrischen Feldern.

Überall im Kosmos finden wir Materie im Plasmazustand, z.B. in der die Erde umgebenden Magnetosphäre, im interplanetaren und interstellaren Raum, in den Schweifen vieler Kometen, auf der Sonne und in den Atmosphären der Sterne.

Ganz anderen Bedingungen ist die Materie auf der Erde und auf den Planeten sowie ein Teil der Erd-und Planetenatmosphären ausgesetzt. Niedrigere Temperaturen oder höhere Dichten verhindern hier eine Ionisation, so dass die uns umgebende Materie zum grössten Teil elektrisch neutral ist und damit nicht auf magnetische und elektrische Felder reagiert. Das ist aber - wie schon gesagt - die Ausnahme im Kosmos.

Die elektrisch geladenen Teilchen der kosmischen Plasmen werden nun in ihren Bewegungen von magnetischen und elektrischen Feldern beeinflusst. Wenn wir zunächst einmal ein einzelnes elektrisch geladenes Teilchen betrachten, so stellen wir fest, dass es von einem Magnetfeld in der Weise aus seiner ursprünglichen Bewegungsrichtung abgelenkt wird, dass es um die Feldlinien spiralt. Ein elektrisches Feld wird das Teilchen in seiner Feldrichtung beschleunigen. Unter der kombinierten Wirkung von magnetischem und elektrischem Feld, die wir uns zur Vereinfachung senkrecht aufeinander stehend vorstellen wollen, bekommt das Teilchen neben seiner Kreisbewegung um die magnetischen Feldlinien noch eine weitere Bewegungsrichtung aufgezwungen, die senkrecht sowohl zum Magnetfeld als auch zum elektrischen Feld erfolgt. Das Teilchen führt eine Driftbewegung aus, deren Grösse $\vec{V}_D$ durch folgenden Ausdruck gegeben ist:

$$\vec{V}_D = \frac{c}{B^2} \vec{E} \times \vec{B}$$

Hierin ist $\vec{E}$ das elektrische Feld, $\vec{B}$ das magnetische Feld und C die Lichtgeschwindigkeit. Komplizierter sind die Verhältnisse, wenn wir eine grosse Zahl von positiven und negativen Teilchen, nämlich ein Plasma in einem Magnetfeld, haben. Die Teilchen werden dann auch um die Magnetfeldlinien spiralen; gleichzeitig können aber nun in diesem Plasma auch elektrische Ströme fliessen, die ein magnetisches Eigenfeld erzeugen.

Es ist von besonderer Bedeutung, dass das kosmische Plasma so verdünnt ist, dass die elektrisch geladenen Teilchen nur sehr selten zusammenstossen. Sie müssen beträchtliche Strecken zurücklegen, bevor sie auf andere Teilchen treffen oder, wie der Physiker sagt, die freien Weglängen sind sehr gross. Da aber die geladenen Teilchen aufgrund ihrer elektrischen Ladung die Träger des elektrischen Stromes sind, bedeutet die grosse freie Weglänge praktisch, dass sie den elektrischen Strom sehr gut von einem Ort zum anderen tragen, d.h. dass die elektrische Leitfähigkeit sehr gross ist.

Damit genügen schon kleinste elektrische Felder, um einen grossen elektrischen Strom zu treiben. Man muss ausserdem jedoch beachten, dass die elektrisch leitende Materie, das Plasma, sich in den überwiegenden Fällen selbst mit hohen Geschwindigkeiten im Kosmos bewegt. Eine leitende Flüssigkeit oder ein Gas, das sich quer zu einem Magnetfeld bewegt, erzeugt aber ein elektrisches Feld, das man noch zusätzlich zu den von aussen angelegten elektrischen Feldern berücksichtigen muss, wenn man den resultierenden elektrischen Strom betrachtet. Hierauf beruht ja die Möglichkeit, Bewegungsenergie direkt in elektrischen Strom umzuwandeln, eine Entwicklung, die in verschiedenen Laboratorien in der Welt betrieben wird, um damit eventuell einen sogenannten MHD-Generator zu bauen. Die elektrische Stromdichte $\vec{j}$ ist also durch das Ohm'sche Gesetz für bewegte Medien gegeben,

$$\vec{j} = \sigma \, \vec{E}^* = \sigma \, (\vec{E} + \frac{\vec{v}}{c} \times \vec{B})$$

Hierin ist σ die elektrische Leitfähigkeit, $\vec{E}^*$ das elektrische Feld im Plasma, das von einem mitbewegten Beobachter gemessen wird, $\vec{E}$ das von aussen angelegte Feld, $\vec{B}$ das Magnetfeld, v die Strömungsgeschwindigkeit des Plasmas und c die Lichtgeschwindigkeit.

Wenn also die Leitfähigkeit σ sehr gross ist, und das ist, wie man aus Tabelle 1 sieht, im Kosmos fast überall der Fall, so muss E^* praktisch gleich Null sein, damit $\vec{j}$ einen endlichen Wert behält. Das bedeutet, dass das elektrische Feld bestimmt ist durch

$$\vec{E} = - \frac{\vec{v}}{c} \times \vec{B}.$$

Die Tatsache, dass die elektrische Leitfähigkeit sehr gross ist, hat eine weitere Konsequenz, die auch sehr anschaulich beschrieben werden kann und die eine direkte Folge der obigen Gleichung ist: Bei der Bewegung eines Plasmas werden die Magnetfeldlinien diese Bewegung direkt mitmachen, die magnetischen Feldlinien sind im Plasma « eingefroren », wie die Plasmaphysiker sagen.

Nach diesen vorbereitenden Bemerkungen über die physikalischen Zustände im Kosmos wollen wir uns nun den im Kosmos existierenden Feldern zuwenden.

3. - MAGNETFELDER IM KOSMOS. - 3.1. - INTERSTELLARER UND INTERGALAKTISCHER RAUM. — Die kosmischen Magnetfelder, auch die sehr weit von der Erde entfernten, können auf verschiedene Weise direkt und indirekt nachgewiesen werden. Wir wissen so, dass nicht nur Sterne Magnetfelder besitzen, sondern dass auch die Gebiete zwischen den Sternen, der sogenannte interstellare Raum und unsere gesamte Milchstrasse von Magnetfeldern durchsetzt sind. Magnetfelder in Gebieten zwischen den Galaxien sind bisher zwar noch nicht nachgewiesen, ihre Existenz erscheint aber von der Theorie her als sehr wahrscheinlich.

Von den verschiedenen Methoden, die in der Astronomie zum Nachweis von Magnetfeldern angewendet werden, sei zunächst die auf dem sogenannten Zeeman-Effekt beruhende erwähnt. Es handelt sich dabei um eine Aufspaltung normalerweise einfacher Spektrallinien unter dem Einfluss eines Magnetfeldes, wobei das Licht zusätzlich polarisiert wird. Aus der Grösse der Aufspaltung und der Art der Polarisation kann auf die Stärke und Richtung des Magnetfeldes geschlossen werden. Diese Methode lässt sich mit Beobachtungsinstrumenten vom Erdboden aus auf alle kosmischen Objekte anwenden, von denen gute, d. h. genügend weit aufgelöste Spektren zu gewinnen sind, und sie war bis zum Einsatz von Raumfahrzeugen das wichtigste in der Astronomie angewandte Verfahren zum Nachweis kosmischer Magnetfelder. Man hat damit auf Sternen Magnetfelder mit Feldstärken zwischen einigen Gauss und mehreren 1000 Gauss beobachtet. Das magnetische Feld im interstellaren Raum ist dagegen sehr viel schwächer und hat nach Beobachtungen des Zeeman-Effektes an der bekannten 21 cm - Linie des interstellaren Wasserstoffs eine Stärke von 10^{-6} bis 10^{-5} Gauss.

Obwohl die Magnetfelder im interstellaren Raum sehr schwach sind, beeinflussen sie die dort befindlichen nicht sphärischen Staubteilchen doch noch merklich und geben ihnen eine gewisse Vorzugsrichtung. Auf diese Weise wird das Licht, das von den dahinter liegenden Sternen ausgesandt wird und den interstellaren Raum durchsetzt, polarisiert, bevor es zur Erde gelangt. Dies gibt die Möglich-

keit, allein aus der Polarisation des aufgefangenen Lichtes, d. h. ohne eine Spektralzerlegung, Magnetfelder und ihre Richtungen im Raum zu bestimmen.

Schliesslich möchte ich noch eine dritte, ausserordentlich bedeutungsvolle Methode erwähnen. Neben dem thermischen Plasma können wir im interstellaren Raum auch sehr energiereiche Teilchen beobachten, die sogenannte kosmische Strahlung. Diese elektrisch geladenen Teilchen, die Energien zwischen 10^8 und 10^{18} eV haben, werden durch die Magnetfelder in ihrer Bewegung beeinflusst. Sie laufen in Spiralbahnen um die Feldlinien, ähnlich wie die Protonen und Elektronen in einem grossen Beschleuniger, z. B. in einem Synchrotron. Da nun ja eine Kreisbewegung mit einer ständigen Beschleunigungsänderung verbunden ist, bedeutet das, dass die Teilchen Energie in Form von elektromagnetischer Strahlung abgeben. Vor allem die Strahlung der Elektronen ist wegen der geringen Elektronenmasse verhältnismässig intensiv. Ausserdem ist sie polarisiert und kann sowohl optisch als vor allem auch in Radioteleskopen beobachtet werden. Weil die gleiche Strahlung zuerst in einem Synchrotron beobachtet wurde, bezeichnet man sie als Synchrotron-Strahlung. Der Crabnebel, ein Überbleibsel einer Supernovaexplosion aus dem Jahre 1054, ist eine Quelle intensiver Synchrotronstrahlung, weil dort starke Magnetfelder (etwa 10^{-4} Gauss) sowie energiereiche Elektronen vorhanden sind, beides wohl als Folge der fast 1000 Jahre zurückliegenden Explosion. Die Elektronen müssen allerdings auch jetzt noch laufend beschleunigt werden, da sie infolge der Abstrahlung ihre Energie rasch verlieren.

3.2. - Sonne und interplanetarer Raum. — Dass die Sonne ein Magnetfeld von etwa 1 Gauss besitzt, weiss man schon seit der Jahrhundertwende aufgrund von Beobachtungen des Zeeman-Effektes solarer Spektrallinien. Daneben existieren auf der Sonne in den sogenannten Sonnenflecken starke lokale Magnetfelder mit Feldstärken bis über 10^3 Gauss. Bei den Planeten und dem Mond war man zunächst auf theoretische Vermutungen angewiesen, die man sich über die innere Struktur dieser Körper machte. Seit kurzem haben die Messungen der Raumsonden Mariner II, Mariner IV, Surveyor, Lunik usw. gezeigt, dass die Planeten Venus und Mars sowie der Mond, wenn überhaupt, nur sehr schwache Magnetfelder besitzen können. Dieser Nachweis gelang durch direkte Messungen mit Magnetometern an Bord der Raumfahrzeuge, die bis in den Bereich der Magnetfelder vordringen können zum Unterschied zu den vorher beschriebenen indirekten Methoden der Beobachtung vom Erdboden aus. Vom Planeten Jupiter kann man dagegen eine starke Synchrotronstrahlung beobachten und weiss daher, dass dieser Planet ein sehr starkes Magnet-

feld besitzt. Genauere Messungen von Bord eines Raumfahrzeuges in der Nähe des Planeten Jupiter wären von höchstem Interesse.

Vor dem Einsatz von Raumsonden und Satelliten war fast nichts über die Stärke und Richtung von Magnetfeldern im interplanetaren Raum bekannt, da die dortige Materiemenge so gering ist, dass die analogen Effekte, die wir am interstellaren Gas beobachten können, zu gering sind und eine Trennung zwischen dem Einfluss des Staubes und des Gases bisher nicht eindeutig vom Erdboden aus möglich war. Berechnungen von Bahnen der kosmischen Strahlung solaren Ursprungs, die Schlüter und der Autor in den 5oer Jahren durchgeführt hatten, gaben allerdings schon einen Hinweis, dass auch im interplanetaren Raum Magnetfelder von etwa 10^{-5} Gauss Stärke existieren sollten. Auch gewisse in ionisierten Komentenschweifen beobachtete Strukturen deuteten auf solche Feldstärken hin.

Aber erst aus den direkten Messungen mit Fluxgate-Magnetometern, Förster-Sonden, Rubidium-Magnetometern und verschiedenen anderen Detektoren an Bord von Raumfahrzeugen gelang es in den vergangenen Jahren, genauere Aufschlüsse über das interplanetare Magnetfeld zu gewinnen. Hier sollten insbesondere die Messungen von Davis und Mitarbeitern vom Jet Propulsion Laboratory in Pasadena mit Hilfe der Raumsonden Mariner II und Mariner IV sowie von Ness mit Hilfe von IMP I, IMP II und anderen Raumfahrzeugen und zahlreichen anderen Satelliten genannt werden.

Das interplanetare Magnetfeld ist von ähnlicher Stärke wie das im interstellaren Raum, nämlich, wie schon erwähnt, von der Grössenordnung nur einiger 10^{-5} Gauss. Um es von Bord eines Raumfahrzeuges aus zu messen, sind besondere Vorkehrungen zu treffen, damit das Raumfahrzeug magnetisch rein ist, damit die Messungen nicht verfälscht werden. Diese technische Aufgabe ist nicht einfach zu lösen. Der ESRO-Satellit HEOS-A, den die Firma Junkers als Hauptkontraktor baut, soll die Forderung erfüllen, dass sein Eingenmagnetfeld kleiner als 10^{-5} Gauss ist.

Das Magnetfeld im interplanetaren Raum ändert seine Richtung im Laufe der Zeit, ist jedoch so orientiert, dass die Feldlinien überwiegend von der Sonne weg oder zur Sonne hin zeigen. Dabei hat es eine spiralige Struktur, die durch den von der Sonne nach aussen strömenden Plasmastrom, den solaren Wind sowie durch die Rotation der Sonne um ihre auf der Ekliptik fast senkrecht stehende Achse verursacht wird, ähnlich wie die spiralige Form des Wasserstrahls eines Rasensprengers. Ness und Wilcox konnten zeigen, dass dieses interplanetare Feld sehr wahrscheinlich seinen Ursprung auf der Sonne hat. Denn der Rhytmus seiner Richtungsänderungen zeigt eine 27-tägige Wiederholungstendenz in Übereinstimmung mit der von der Erde aus gesehenen Rotationsdauer der Sonne. Ausserdem beobachtet man eine Sektorstruktur, wobei eine gute Übereinstimmung zwischen

der Richtung gewisser lokaler Magnetfelder auf der Sonne in Äquatornähe mit der beobachteten Richtung des interplanetaren Feldes festzustellen ist.

Da die Magnetfeldlinien wegen der auch hier sehr grossen elektrischen Leitfähigkeit im strömenden Plasma, dem solaren Wind, eingebettet sind, wird das interplanetare Magnetfeld beim Umströmen der Erde verformt werden. Der solare Wind selbst wird dabei durch das Erdmagnetfeld abgelenkt. Da er jedoch mit Überschallgeschwindigkeit strömt, bildet sich vor der Erde auf der der Sonne zugewandten Seite eine Stosswelle aus, hinter der sich die Richtung und die Struktur des Magnetfeldes ändert. Während das Magnetfeld vor der Stosswelle, auf der der Sonne zugewandten Seite im ungestörten interplanetaren Raum, verhätltnismässig regelmässig und glatt ist, zeigt es sich in dem Gebiet hinter der Stosswelle bis zur Magnetosphäre - das ist die Zone, in der das Erdmagnetfeld vorherrscht - sehr unregelmässig und fluktuierend. Die Dicke und die Struktur der Stosswelle sind nicht wie in der normalen Gasdynamik durch die gaskinetischen Zusammenstösse der Teilchen und damit durch die mittlere freie Weglänge bestimmt. Diese ist sehr gross und beträgt in der Umgebung der Erdbahn fast eine astronomische Einheit. Die Wechselwirkung der Teilchen erfolgt über das Magnetfeld, um das die Teilchen spiralen und das so ihr Auseinanderlaufen, wenigstens in Richtung senkrecht zum Magnetfeld, verhindert. An die Stelle der freien Weglänge tritt der Gyrationsradius der Teilchen. Dieser geht auch bestimmend in die Dicke der Stosswelle ein. Jedoch fehlt bisher noch eine genaue Theorie solcher Stosswellen, die man auch, da die gaskinetischen Stösse keine Rolle spielen, als stossfreie Stosswellen bezeichnet. Man hat auch versucht, Stosswellen dieser Art im Laboratorium zu untersuchen, jedoch sind dort die geeigneten Bedingungen nur sehr schwer zu realisieren. Die Existenz solcher stossfreien Stosswellen ist eigentlich erst durch die Beobachtungen im interplanetaren Raum zweifelsfrei nachgewiesen worden.

3.3. - MAGNETOSPHÄRE. — Die Messungen in Satelliten haben aber auch gezeigt, dass der solare Wind unser Erdmagnetfeld sehr beträchtlich verformt. In der Nähe der Erdoberfläche kann dieses im wesentlichen durch ein Dipolfeld beschrieben werden. Auf der der Sonne zugewandten Seite reicht es bis etwa 10 Erdradien in den Raum hinaus. Der Abstand wird durch das Gleichgewicht zwischen dem dynamischen Druck des anströmenden solaren Windes und dem dort herrschenden magnetischen Druck des Erdfeldes bestimmt. Auf der der Sonne abgewandten Seite werden die Feldlinien des Erdmagnetfeldes durch die Wechselwirkung mit dem solaren Wind weit herausgezogen, so dass die Erde einen magnetischen Schweif - ähnlich

wie ein Komet - hinter sich herzieht, der sehr wahrscheinlich noch über die Mondbahn hinausreicht.

Gerade die Messungen der Felder in dem Schweif sowie in dem Übergangsgebiet von der Magnetosphäre zum interplanetaren Raum sind von grossem Interesse. Die in den Schweif hinausreichenden Feldlinien haben auf der Erdoberfläche ihre Fusspunkte in der Nähe der Pole, in den Gebieten, in denen wir die Nordlichter beobachten. Diese Erscheinungen sowie das Auftreten energiereicher Teilchen in diesen Gebieten werden durch die Bewegungsverhältnisse, die sich im Schweif sowie im Übergangsgebiet abspielen, massgebend beeinflusst.

Es wurde bereits erwähnt, dass Bewegungen des Plasmas und damit wegen der hohen Leitfähigkeit auch Bewegungen der Magnetfelder zu elektrischen Feldern führen. Diese elektrischen Felder können dann einzelne Teilchen beschleunigen und ihnen dadurch grosse Energie zuführen. In der Nordlichtzone beobachten wir mitunter Teilchen mit Energien im KeV-Bereich, die sehr wahrscheinlich auf diese Weise erzeugt wurden.

4. - Elektrische Felder in der oberen Atmosphäre. - 4.1. - Allgemeine Gesichtspunkte. — Die Messung elektrischer Felder in der Umgebung der Erde und im interplanetaren Raum ist nicht einfach. Anschliessend sollen Methoden besprochen werden, die kürzlich angewendet wurden, um elektrische Felder in der oberen Atmosphäre zu bestimmen. Mit Hilfe von Raumfahrzeugen war es möglich geworden, durch Magnetometer direkt im interplanetaren Raum das Magnetfeld in der Umgebung des Raumfahrzeuges zu messen. Dagegen ist bis heute die Entwicklung analoger Messgeräte zur Bestimmung der elektrischen Felder in der Umgebung der Raumfahrzeuge noch nicht gelungen; dafür gibt es viele Gründe. Einmal sind die zu erwartenden elektrischen Felder ausserordentlich klein, etwa in der Grössenordnung von einem Millivolt pro Meter, zweitens beeinflusst das Raumfahrzeug die elektrischen Felder seiner Umgebung beträchtlich, da es selbst auf verschiedene Weise elektrisch aufgeladen wird, wobei die Aufladung an der Oberfläche des Raumfahrzeuges keineswegs gleichmässig sein muss. Z.B. können auf der der Sonne zugewandten Seite Photoelektronen durch die einfallende UV-Strahlung der Sonne ausgelöst werden. Schliesslich bewegt sich aber das Raumfahrzeug relativ zum umgebenden Plasma aufgrund seiner Bahnbewegung und gegebenenfalls auch aufgrund einer Drehung um seine Achse, die der Stabilisierung im Raum dient. Die Bewegung in einem magnetisierten Plasma induziert jedoch ein elektrisches Feld. Für die Erdsatelliten ist dieses induzierte elektrische Feld in den meisten Fällen grösser als das zu messende Feld. Daraus ergeben sich erhebliche Schwierigkeiten, wenn

man elektrische Felder in ähnlicher Weise wie magnetische Felder zu messen versucht.

In unserem Institut haben wir in den letzten Jahren versucht, eine andere Methode zur Messung von elektrischen Feldern zu entwickeln. Nach Überwindung zahlreicher experimenteller Schwierigkeiten haben wir inzwischen eine grosse Anzahl von Messungen durchführen können, die uns zum ersten Mal etwas über die in der oberen Atmosphäre existierenden elektrischen Felder sagen und uns inzwischen auch erlauben, die beobachteten Werte mit theoretischen Vorstellungen zu verknüpfen.

Die Messmethode macht sich den anfangs erwähnten Effekt zunutze, dass ein elektrisches Feld im Beisein eines Magnetfeldes zu einer Bewegung des Plasmas führt, die senkrecht zum Magnetfeld und zum elektrischen Feld erfolgt. Deshalb werden von einer Höhenforschungsrakete aus künstliche Plasmawolken in das Erdmagnetfeld injiziert. Diese Plasmawolken, die also aus Ionen und Elektronen bestehen - wir nennen sie deshalb auch oft Ionenwolken - können, wenn man die Bedingungen günstig wählt, vom Boden aus mit dem blossen Auge beobachtet werden. Mit Hilfe von Fernsehkameras und Photoapparaten bestimmen wir von verschiedenen Beobachtungspunkten aus ihre Bewegungsrichtungen und Geschwindigkeiten. Da das Magnetfeld bekannt ist, können wir das elektrische Feld bestimmen; es ist im einfachsten Fall gegeben durch:

$$\vec{E} = - \frac{1}{c} \vec{v} \times \vec{B}.$$

Unter Umständen müssen noch gewisse Korrekturen angebracht werden, da in der oberen Atmosphäre auch ein kräftiger Wind weht. Hierauf möchte ich jetzt aber im einzelnen nicht eingehen.

4.2. - Auswahl der chemischen Elemente zur Erzeugung von Ionenwolken. — Diese Experimente seien im folgenden näher beschrieben. Als erste Frage war zu lösen, welche chemischen Elemente oder Verbindungen für solche Versuche geeignet sind. Hier waren verschiedene Forderungen zu erfüllen: (1) Da die Wolke von der Erde aus sichtbar sein soll, müssen die Resonanzlinien der Ionen und nach Möglichkeit auch die der neutralen Atome und Moleküle im Durchlassbereich - im « optischen Fenster » - der Erdatmosphäre liegen. (2) Die von der Wolke ausgesandte Strahlung, die durch die Anregung des Sonnenlichtes zustande kommt, soll möglichst intensiv sein. Physikalisch bedeutet dies, dass die Zeitskala für die Anregung der Linienstrahlung möglichst kurz sein soll. (3) Da wir die Substanz

von der Rakete aus verdampfen wollen, soll sie möglichst leicht verdampfbar sein, d. h. die Verdampfungstemperatur soll möglichst niedrig liegen. (4) Um die Nutzlast der Rakete nicht unnötig schwer zu machen, soll die Ionisation der verdampfbaren Atome durch das Sonnenlicht erfolgen, denn die Energie des Sonnenlichtes steht kostenlos zur Verfügung. Der Photoionisationsquerschnitt soll deshalb möglichst gross sein und entsprechend die Zeitskala für die Photoionisation kurz, damit der Prozess sehr effektiv ist und die Wolke nicht durch Diffusion zu weit auseinandergelaufen ist, bevor die Teilchen ionisiert sind.

Wenn man mit diesen Forderungen die chemischen Elemente des periodischen Systems näher betrachtet, so stellt man fest, dass einige Erdalkalien, speziel Barium (Ba) und wahrscheinlich auch einige seltene Erden, nämlich Europium (Eu) und Ytterbium (Yb) die obigen Bedingungen erfüllen. Die erforderlichen Mengen sind sehr gering. Schon einige 10 bis 100 g Ba-Ionen können vom Erdboden aus für eine genügend lange Zeit gesehen werden. Für ein Experiment im interplanetaren Raum wären etwa mehrere Kilogramm zu verdampfendes Barium ausreichend, um eine Ionenwolke für ungefähr eine halbe Stunde sichtbar zu machen.

4.3. - Verdampfung und Ionisation des Bariums. — Die Verdampfung des Bariums erfolgt durch eine chemische Reaktion. Eine ganz Reihe von verschiedenen Reaktionen sind zunächst ausprobiert worden, bis man herausfand, dass die Reaktion von metallischem Barium und Kupferoxyd sehr effektiv ist:

$$(n + 1)\ Ba + CuO \rightarrow BaO + Cu \times n\ Ba_{vapor}$$

Auf diesem Wege wird das Barium zunächst teilweise verbrannt und liefert dabei die Wärme für die Verdampfung des restlichen Bariums. Bei dem Prozess werden bis zu etwa 25% des verdampfbaren Bariums auch tatsächlich verdampft. Unmittelbar nach der Verdampfung sind die Teilchen noch überwiegend elektrisch neutral. Die Ionen und Elektronen werden erst in dem danach ablaufenden Prozess der Photoionisation durch das Sonnenlicht gebildet. Dieser Prozess ist im letzten Jahr sehr eingehend von Haser untersucht worden. Sehr wahrscheinlich spielt sich die Ionisation mit zwei verschiedenen Zeitskalen ab, wobei die eine von der Grössenordnung 1-10 Sekunden und die andere etwa 100 Sekunden ist. Man hat gute Gründe für die Annahme, dass die Ionisation von metastabilen Energieniveaus aus erfolgt, die zunächst besetzt worden sind. Die Untersuchungen über den genauen Prozess der Ionisation werden fortgesetzt. Sicher ist jedoch, dass nach etwa 100 Sekunden alles verdampfbare neutrale Barium vollständig ionisiert worden ist.

Die Ionisation kann nicht nur spektroskopisch beobachtet werden, sondern macht sich dem Auge auch direkt auf zweierlei Weise bemerkbar. Die Wolke verändert einmal ihre Farbe, da die Wellenlänge der Resonanzlinie des neutralen Bariums verschieden ist von der des ionisierten Bariums. Ausserdem ändert aber die Wolke auch ihre Form, denn die neutrale Wolke wird vom Erdmagnetfeld nicht beeinflusst und ist sphärisch, während die elektrisch geladenen Teilchen der ionisierten Wolke vom Erdmagnetfeld eingefangen werden, so dass sie, wie wir noch näher diskutieren werden, eine zigarrenförmige Gestalt bekommen.

4.4. - DURCHGEFÜHRTE EXPERIMENTE. — Unsere ersten Experimente wurden mit französischer Hilfe in der Sahara durchgeführt. Später konnten wir dann die Möglichkeiten der Europäischen Organisation für Weltraumforschung (ESRO) ausnutzen und Experimente von Sardinien aus durchführen. Inzwischen hat sich auch die amerikanische Weltraumbehörde, die NASA, für unsere Versuche interessiert und uns mehrere Raketen zur Verfügung gestellt, die von Virginia (USA) und dem ESRO-Abschussplatz in Kiruna (Nordschweden) abgeschossen wurden. Schliesslich wurden noch weitere Starts in der Nähe des magnetischen Nordpols von Fort Churchill (Kanada) aus durchgeführt.

Die Rakten, die dabei benutzt wurden, waren die französischen Centaure, Dragon und Rubis, die englische Skylark, die kanadische Black Brant und die amerikanischen Raketen vom Typ Javelin, Nike Tomahawk und Nike-Apache. Mit diesen Raketen wurden Höhen zwische 130 und 2000 km erreicht. In diesem Höhenbereich wurden Barium-Wolken erzeugt und neben den elektrischen Feldern verschiedene Eigenschaften der Erdatmosphäre bestimmt, die hier jedoch nicht näher erörtert werden sollen. Die Raketen werden zur Zeit der Dämmerung gestartet, so dass die Ionenwolke noch für einige Zeit von der Sonne beleuchtet wird, während es am Erdboden schon dunkel ist. Die Wolken heben sich deshalb gut gegen den Nachthimmel ab.

4.5 - VERHALTEN DER IONENWOLKEN. — Sobald die Bariumatome ionisiert, d. h. elektrisch geladen sind, treten sie vor allem mit dem Magnetfeld der Erde in Wechselwirkung. Während die neutralen Teilchen zunächst nach allen Richtungen auseinanderlaufen können, werden die elektrisch geladenen Teilchen vom Magnetfeld auf Spiralbahnen um die magnetischen Feldlinien gezwungen. Dadurch können sich die Bariumionen im Idealfall senkrecht zum Magnetfeld nicht fortbewegen, sondern nur längs der Feldlinien. Die ionisierte Wolke

wird sich dementsprechend überwiegend nur längs der magnetischen Feldlinien ausdehnen und aus diesem Grunde die schon erwähnte zigarrenähnliche Gestalt annehmen. Die grosse Achse der länglich-elliptischen Wolke liegt in Richtung des Erdmagnetfeldes, das auf diese Weise sichtbar gemacht werden kann. Bei dem erwähnten Experiment in 2000 km Höhe hatten die Ionenwolken nach einiger Zeit eine Längsausdehnung von annähernd 3000 km angenommen und markierten damit das Magnetfeld über diese Entfernung. Die Wolke wurde nicht nur in Afrika beobachtet - die Rakete wurde in der Sahara gestartet - sondern auch in Spanien, Frankreich, der Schweiz, Österreich und Mitteldeutschland.

Falls nun neben dem Magnetfeld der Erde auch ein elektrisches Feld auf die Ionenwolken einwirkt, erleiden die elektrisch geladenen Teilchen eine Driftbewegung, die senkrecht zum Magnetfeld und auch senkrecht zum elektrischen Feld erfolgt. Das bedeutet, dass durch ein elektrisches Feld in der oberen Erdatmosphäre die Ionenwolke als Ganzes senkrecht zum Magnetfeld versetzt wird. Beobachten wir demnach vom Boden aus, dass die Ionenwolke sich senkrecht zu ihrer grossen Achse, d.h. senkrecht zum Magnetfeld bewegt, so können wir damit auf die Existenz elektrischer Felder in der oberen Atmosphäre schliessen. Die beobachtete Driftgeschwindigkeit ist ein direktes Mass für die Stärke der elektrischen Felder, während die Bewegungsrichtung Aufschluss über die Richtung der elektrischen Felder gibt. Solche elektrischen Felder waren schon sehr lange theoretisch vorausgesagt worden, und sie konnten mit diesen Messungen zum ersten Mal beobachtungsmässig nachgewiesen werden.

Eine erste Serie von Messungen der elektrischen Felder wurde in mittleren geomagnetischen Breiten durchgeführt. Die beobachtete Geschwindigkeit der Ionenwolken von etwa 100 m/sec in Höhen von etwa 200 km entspricht elektrischen Feldern von etwa 1 bis 3×10^{-3} Volt/m. In mittleren geomagnetischen Breiten sind die Felder am Abend im allgemeinen südwärts und in den Morgenstunden nordwärts gerichtet. Die beobachtete Grösse und Richtung der elektrischen Felder bestätigt die theoretischen Vorstellungen, dass die elektrischen Ströme in diesen Höhen durch das sogenannte Sq-Stromsystem verursacht sind. Insbesondere unterstützen diese Messungen die sogenannte Dynamo-Theorie für diese Ströme.

Betrachten wir hierzu als Analogon einen Stromkreis mit einem Generator (Dynamo) und einem äusseren Widerstand. Im Gebiet des äusseren Widerstandes (R_e) sind elektrisches Feld und elektrischer Strom gleichgerichtet, während innerhalb des Dynamos das elektrische Feld und der elektrische Strom entgegengesetzte Richtung haben. Die Gebiete um 5.00 und 16.00 Uhr entsprechem dem Gebiet von R_i, während die Gebiete um 20.00 Uhr dem von R_e entsprechen. Von besonderer Bedeutung sind die Messungen elektrischer Felder in hohen

magnetischen Breiten, denn dort beobachten wir starke Änderungen des Magnetfelds, vor allem während eines Nordlichtes. Bisher ist aber noch sehr wenig über die wirklichen Vorgänge bekannt, die sich hier abspielen. Die Messungen von elektrischen Feldern sollten hier wesentlich weiterhelfen. Aus diesem Grund haben wir im vergangenen Jahr eine ganze Reihe von Experimenten in der Nordlichtzone durchgeführt. Die elektrischen Felder, die wir gemessen haben, sind wesentlich höher als die Felder in mittleren geomagnetischen Breiten. Die Grössenordnung variiert zwischen 2 und 20 V/km. Die Richtung war nord-westwärts am Abend und süd-westwärts am Morgen. Die Änderungen, die man während eines Nordlichts beobachtet, sind beträchtlich. Obwohl wir inzwischen schon eine ganze Reihe von Resultaten erzielen konnten, stehen wir hier erst am Anfang von Versuchen und Messungen, die uns die nächsten Jahre in Anspruch nehmen werden. Eine amerikanische Gruppe hat aufgrund unserer Experimente jetzt ähnliche Raketenstarts in Amerika und in Norwegen durchgeführt.

4.6. - AUSBLICK. — Der Ausgangspunkt unserer Betrachtungen war das kosmische Plasma, d.h. die Materie im Kosmos. Bisher sind wir noch weit davon entfernt, das Verhalten dieser Materie wirklich zu verstehen. Zum Teil liegt dies daran, dass unsere Kenntnisse über die Physik des Plasmas unter so extremen Bedingungen noch sehr unvollkommen sind. Während Simulations-Experimente in Laboratorien nur in sehr begrenztem Masse durchzuführen sind, können Ionenwolken-Experimente in sehr viel grösserem Abstand von der Erde, als wir sie bisher durchführen konnten, uns eventuell sehr wertvolle Aufschlüsse über die Physik eines Plasmas in hochverdünnter Form geben, um damit vernünftige Extrapolationen auch auf die kosmischen Dimensionen zu erlauben.

Darüber hinaus können die Experimente aber unter Umständen auch einen Beitrag zu den Plasmauntersuchungen leisten, die gegenwärtig in zahlreichen Laboratorien der Welt durchgeführt werden. Denn bei diesen Experimenten können wir das Plasma untersuchen, ohne dass sich störende Wandeffekte bemerkbar machen. Die Frage, wie man ein heisses Plasma durch ein Magnetfeld einschliessen kann, ist nur eine von vielen, die z.Z. intensiv untersucht werden.

Garching bei München, Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik, Institut für extraterrestrische Physik.

R. LÜST

FELDSPARS

Feldspars are the most important minerals of the crust of the earth. They consist of elements that belong to the twenty lightest elements that are known. Feldspars are considered the primary minerals of the elements potassium, sodium and calcium. Practically all the potassium, sodium and calcium now found in salt deposits, gypsum deposits and limestones was at one time stored in feldspars. The thermodynamic properties of these minerals are responsible for the stability of feldspars in volcanic, plutonic and metamorphic rocks. The weathering of feldspars in soils and recent sediments depends on the same properties. The structure of feldspar crystals helps to understand their chemical composition. The occurence of high-temperature and low-temperature feldspars is explained by the distribution of aluminium ions over the available sites in the structure. Perthites, lamellar aggregates of different feldspars brought about by unmixing of a homogeneous mineral, are understood again from the properties of the structure. Various typical types of twinning are found among feldspar crystals. Twinning, i.e., a deviation from the ideal crystal fabric brought about by influences of the environment during growth or deformation, is a brand of the origin of a feldspar. Twinning patterns of feldspars in rocks furnish the investigator with a still not fully unravelled genetical code. Finally, feldspars are studied for curiosity and for practical reasons. The role of these minerals in the changes of man's habitat constitutes a fascinating story and explains the interest some of us take in the properties of feldspars.

INTRODUCTION. — Life on this planet is man's main concern, because it is part of him and he is part of it. There are various ways to deal with life. Feldspars, the most important minerals of the earth's crust, hold elements necessary for life's sustenance. Moreover, they provide us with the raw materials for certain artifacts that have changed our environment considerably in the course of time.

For most readers « feldspars » is just a word vaguely connected with pottery or with rocks. A number of craftsmen in the ceramic industry and among earth scientists have knowledge of the properties of feldspars that are important to their trade. An awareness of the leading part these minerals play in the happenings on our planet does not necessarily go with such fundamental or practical insight.

Feldspars are minerals[1] found in rocks, gravels, sands and clays on the earth's surface. They are made of comparatively light elements such as oxygen, silicon, aluminium, potassium, sodium and calcium. These elements belong to the twenty lightest elements of the hundred odd elements that are known today. The ions of these elements are regularly stacked forming the specific fabric of a feldspar crystal. The nature of feldspars will be discussed later. A brief description is given here in order to understand the following section. Feldspars belong to the large family of minerals known as silicates. They can be divided into groups according to their chemical composition. Potassium rich feldspars are described as alkali feldspars. The calcium holding members are called plagioclases.

[1] The noun *mineral* is used for a natural homogeneous crystalline substance. The adyective natural, i.e., occurring in nature, excludes such homogeneous crystalline substances as sugar; the adjective crystalline excludes such solids as glass or pitch.

The earth's crust. — It is generally assumed that the proto-earth accreted at a low temperature (approximately 0°C) from a « cloud » consisting of particles and fragments of solid « meteoric matter ». In its initial state, the young planet showed a rather uniform distribution of matter. Every bit of earth material of a fair size, whether taken from the centre or from the surface, had approximately the same specific density.

The ubiquitary radioactive elements buried in the proto-earth are held responsible for the change from a homogeneous sphere towards the present layered geoide. These elements heat the body of the planet at a fairly uniform rate. While this lasts, the softening or melting point of a number of metals and of some silicates has been approached or even surpassed. Matter, thus mobilized, can respond to the gravitational pull by a downward movement. The heavy elements such as iron and nickel moved towards the centre forming a heavy core.

Consequently, the lighter material originally dispersed throughout the proto-planet is forced upwards. Thus, gravitational forces started equilibrizing processes, causing an alteration of the original homogeneous allotment of matter. At present, the earth is made of concentric layers with different specific densities. The lightest earth material is found near the surface in the crust. Further downwards we find a heavier layer, called the mantle and at the centre a very heavy core. The density differences of these layers are rather large as can be seen from a paper by Van Bemmelen in a previous issue of this magazine.

The composition of the present crust is a result of this thermally induced differentiation of matter. Thus water now filling our ocean basins has been forced upwards by the downward movement of heavier elements. Thus the feldspar-rich rocks now building up our continents initially were a small part of the undifferentiated material swept together from the « dust cloud » enfolding the early sun.

The composition of the crust. — The estimate of the chemical composition of the solid crust as given in table 1, changes with time. The next estimate is always slightly different from the previous one. Still, there is good agreement about the orders of magnitude of the shares of the most important elements.

TABLE 1

Chemical composition of the earth crust

Element	*Wght %*	*Vol %*	*Element*	*Wght %*	*Vol %*
Oxygen	46.6	91.8	Calcium	3.6	1.48
Silicon	27.7	0.80	Sodium	2.8	1.60
Aluminium	8.0	0.76	Potassium	2.6	2.14
Iron	5.0	0.68	Magnesium	2.1	0.56
			Others	1.6	0.21

The chemical composition of the crust has been calculated from analyses of rocks. Consequently, it reflects the mineralogical composition. A conventional calculation of the mineralogical composition from the data of table 1, leads to 67.4 wght % of feldspars, divided into 18,9% alkali feldspars and 48.5% plagioclases.

These minerals together with others build up the rocks of the crust. There are three principal classes of rocks. Those poured out of volcanoes are called volcanic rocks; those originally deposited on the floor of the sea, on the bottom of lakes and on the continental surface by wind and ice are called sedimentary rocks; and the rocks shaped at a certain depth in the crust that have come slowly to the surface through erosion are known as plutonic rocks, because they came from the infernal realms of the God Pluto.

Large areas of our continents expose volcanic rocks, especially along the large continental fracture systems. These rocks are rich in plagioclases. The commonest rocks of the continental shields are gneisses and granites, plutonic rocks with alkali feldspars and sodium-rich feldspars. Sediments cover the ocean floor and the continental borderland. They are less rich in feldspars but contain the debris of feldspars altered by the forces of weathering.

Finally, the continents are shielded from the influences of space by a layer of air and a thin epidermis of weathering products supporting plants and animals. These soils are influenced by the properties of feldspars, if present. The feldspars, in turn, are considerably affected by the properties of soils.

THE ECONOMIC ROLE OF FELDSPARS AND THEIR WHEATHERING PRODUCTS. — The role of feldspars in the life of man can only fully be understood if the behaviour of these minerals under atmospheric circumstances is also considered. It is not enough to know feldspars as such; the way in which these minerals change on the surface is perhaps of greater importance.

The weathering of rocks. — It is common knowledge that rocks tend to change as soon as they are exposed to the influences of the atmosphere for a prolonged time. Many an old building clearly shows the brands of the weather as a true mark of time. The weathering of rocks is due to the alteration of minerals of these rocks under the influences of the various properties of the atmosphere. Most minerals take up water and tend to oxidize, thus changing among others their volume. This change of volume breaks up the initial coherence of the rock; it crumbles down and can be washed away by rain or is a good substrate for plants to grow on. The rules behind these occurrences are laid down in the principles of thermodynamics and in the « Phase Rule ».

Without probing into these rules, their consequences may be understood from an example. Those having a fancy for antique objects made of tin, know of the irreversible decay of such objects because of a transition of white tin into grey tin. Tin objects are made by pouring liquid tin with a temperature over 231°C into a mould. Tin freezes at 231°C. The tin object is now made of an aggregate of tiny crystals of the white tin type, that are stable in the temperature region between 18°C and 231°C. From 18°C to lower temperatures the white tin crystals are unstable. The stable phase in this temperature region is grey tin. The difference between white and grey tin is a difference of stacking of the atoms in the crystal fabric. The structural difference, however, causes a number of other properties to differ also. The specific volume of grey tin is larger than that of white tin. The specific density of white tin (7.31) is much larger than that of grey tin (5.75). Therefore, tin objects kept in a slightly moist atmosphere at temperatures well below 18°C tend to change from white tin towards the grey phase. The volume change involved brings about the breaking down of the object.

The same process can be observed in other crystalline substances such as minerals. In some cases the transition of an unstable phase towards stable ones involves the additional uptake of oxygen or water. Finally, we know of alterations where the original mineral breaks up into more than one new mineral or where it gives birth to a new mineral with the uptake of water and oxygen and with the shedding of a few kations that are removed in solution afterwards. A large number of minerals originate at temperatures and pressures that are quite different from those prevailing on the earth's surface. For instance, the freezing point of lavas is between 1000° and 1200°C. The pressure during this freezing is comparitively low, viz, between one and a few kg/cm². Feldspars form in such lavas. They also originate in plutonic rocks under circumstances of lower temperatures (between 200°-600°C) and high pressures. On the other hand a solution in water of for example sodium metasilicate and aluminium chloride, salts one can buy at the pharmacists, does not produce a sodium-feldspar crystal after evaporation of the liquid.

The above reasoning makes it plausible that feldspars are not stable at room temperatures and pressures or under « atmospheric circumstances ». Therefore, feldspars are susceptible to « weathering » as soon as they arrive at the earth's surface. The weathering products of feldspars are numerous. Kaolinite, a type of pottery clay, is certainly one of the important ones; weathering towards kaolinite involves the removal of the kations potassium, calcium and sodium and the uptake of water and oxygen. The removed kations are washed away and may be stored somewhere else in salt deposits or as limestones.

We may expect a frequent occurrence of weathering products

of feldspars, the most ubiquitous and abundant minerals. The more so, because weathering is essentially an irreversible process. The irreversibility of weathering is due to the breaking up of the original minerals into new minerals and the removal of enclosed ions in solution by water running along the surface of the exposed rocks or percolating the loose material of a soil. Finally, these ions are washed into rivers and into the sea, where they may help some oysters to make an oyster bed, or where they give the salty taste to seawater. In this way most of the calcium of the world's limestone deposits has been dislodged from plagioclases in the course of time. In the same way the potassium and the sodium of large salt deposits have been isolated from feldspars and micas. Once upon a time, most of the world's calcium, sodium and potassium was stored in the framework of feldspars and even today a large part is stored in these crystals.

Weathering and erosion bring a large number of ions into the sea and not only calcium, potassium and sodium, but also nitrogen and phosphorus.

The *residue* on the continent is enriched in silicon, aluminium and iron. Wellknown concentrates of such weathering products of feldspar-bearing rocks are the large bauxite and kaolinite deposits, producing ore for the aluminium and the ceramic industries respectively. Such residues are only called « concentrates » because of their economic importance. Other residues are hardly considered concentrates; they are regarded as the sorry results of poor farming methods practised for ages. Poor farming may be considered a man-made accelerated weathering. Think of the red-coloured waste lands in tropical regions. Such barren lateritic soils cover large areas of India and South America.

Feldspars and man. — « Man's home — the surface of the earth — is a small and temperate shelter set in a vast and alien universe » wrote J. Tuzo Wilson recently in a paper called « The Crust ». Still, man's environment has been experienced rather unfriendly by many during their age long struggle for survival; to a few it has been a continuous challenge. Feldspars were one of the means that helped them to survive and gave these few the means to create such modifications of man's natural surroundings that they could begin a development towards the present technological society.

In a first phase, feldspars provided the natural pastures with the necessary potassium and trace elements for the grass, eaten by man's game and by his cattle. Later, man began to till the soil and grow a crop, again dependent on the natural fertility.

In this phase, man felt the need for storing his harvest and his dairy products. Regions with trees gave him ample wood to make houses and vessels. In other regions he had to turn to the soil for

making tiles and vessels. Such vessels of clay often a weathering product of feldspar-bearing rocks were even better than wooden ones, because if carefully handled and well made they could be used over a fire. By accident, the user may have seen his vessels fired and a quick mind must have grasped the future possibilities thereoff. Still, such soft earthenware, though useful to keep liquids cool in a hot climate, were not fit for keeping liquids long. The properties of stonewear must have been noticed afterwards due to the improvement of the kilns, that produced a more thoroughly fired object.

The art of making stonewear, a product of clay admixed with sand or powdered flint, has been known in the Chinese Shan and Yin period covering the area from 1700 to about 1100 B.C. It is worth noticing that the art of glass making from lime and soda developed about the same time in Egypt. Lateron a world wide trade between the powerful empires of those days, Rome and China, traded the superior pottery of the Chinese for Syrian and Egyptian glass.

Application of feldspar proper in the ceramic process came after the stonewear phase. First a kind of stonewear was made from feldspar rich kaolinite occurring in Kiangsi a province of China. After this a vitrified stonewear of porcellaneous character developed. The celadon, a development of the Sung period (roughly from 950 - 1280 A.D.), is the ultimate answer of artistic taste and skill applying for the first time highly developed glazing techniques with a feldspatic glaze, probably developed to this point in the preceding T'ang period. The Chinese craftsmen made their feldspar glazes from a suspension of « pe tuntse », a feldspar holding kaolinite, and the ashes of limestone burnt with bracken (a type of large fern). The application of fluxes such as lime may have been learnt from metallurgical operations.

From now onwards, feldspar and its weathering products such as kaolinite, have been used in the ceramic industry and its use increased continuously. Figures for the feldspar production reached a peak of over 1 770.000 long tons in 1964. A comparable figure for steel is 440 million long tons. A ton of first-grade feldspar had a value of about $ 20.- in the United States in 1963. The feldspar production is consumed by the glass industry (56%), the pottery industry (30%) and the fabrication of enamel (5%). Other less important uses are the making of scouring soaps and the manufacture of teeth for dentures.

THE NATURE OF FELDSPARS. — The discovery of the nature of a certain phenomenon takes a large amount of time and is due to the combined efforts of a number of people with inquiring minds. A historical approach in the case at hand should firstly consider the chemical composition and the crystal morphology of the minerals under discussion. This should be followed by a treatment of their optical properties.

Finally, some remarks on their structure should be made. Fortunately, our knowledge of the crystal structure of these minerals enables us to discuss the nature of feldspars in a more comprehensive way.

The most important structural unit of the minerals known as silicates is a complex ion with the shape of a tetrahedron. The four points of that tetrahedron are occupied by an oxygen atom; silicon is found in the centre. Figure 1, shows, this oxygen tetrahedron in various illustrative ways.

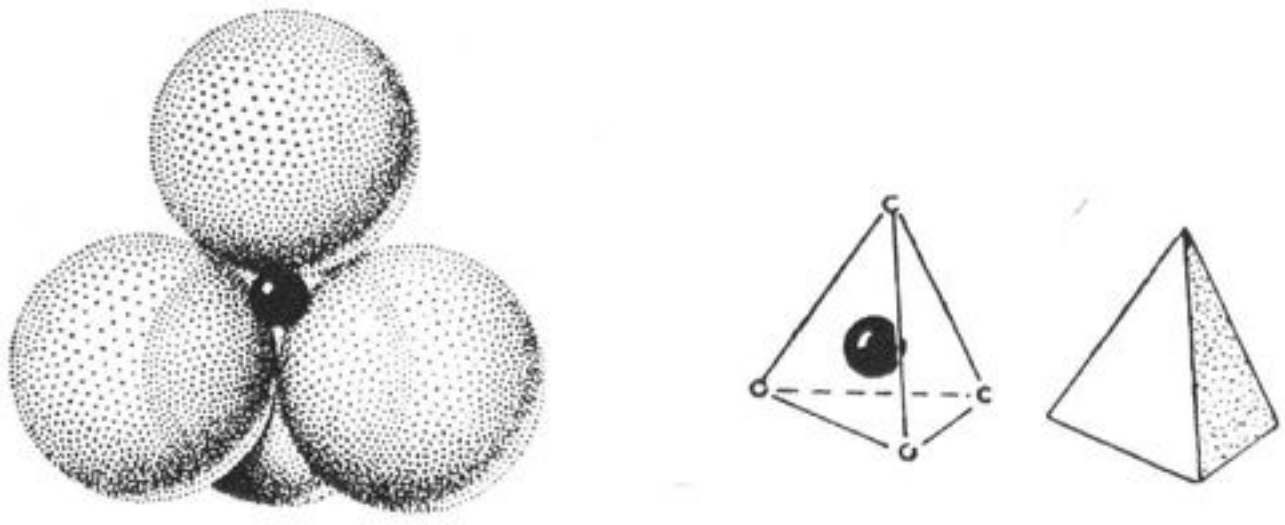


Figure 1.

The oxygen tetrahedron, the most important unit of the minerals known as silicates. The large spheres are oxygen atoms, the small black sphere is a silicon atom. In the following illustrations the oxygen spheres are omitted or schematically indicated by the corners of the tetrahedron shown at the right.

Le tétraèdre d'oxygène est l'élément le plus important des minéraux appellés silicates. Les grandes sphères représentent des atomes d'oxygène, la petite sphère noire est un atome de silice. Dans les illustrations suivantes, les sphères de l'oxygène sont omises ou indiquées schématiquement par les coins du tétraèdre visibles sur la droite.

Silicon, an element with carbon-like properties, has four valency electrons. Oxygen lacks two valency electrons. Consequently, the complex ion, made of four oxygen and one silicon atoms has four rest charges. In order to get electrostatical neutrality these complex ions form large fabrics. The comparable properties of carbon are well known and lead to large structures known as polymers. We are quite familiar with polymers of carbon such as nylon for stockings, terlenka for clothes and various other « plastics » for making mugs, vessels, tubing cogwheels and pinions. « Polymers » of silicon, though of a slightly different nature, are also part of every day life. Think of asbestos, spun and woven into incombustible fabrics or mica, made into stove panes, insulating parts in radiovalves or in flat-irons.

In silicates such as feldspars an electrostatically neutral framework cannot be reached with silicon-oxygen tetrahedrons alone. The more so, since part of the silicon is normally substituted by aluminium with only three valency electrons. A certain number of metal ions, such as calcium, sodium, potassium, iron and magnesium, must be inserted in the framework in order to reach a charge balance. Hence the enormous variety of natural silicates.

The structure of feldspars. — The pattern of the feldspar framework was discovered by W. H. Taylor in 1933 through the application of X-ray diffraction methods. The structure is a threedimensional framework of oxygen tetrahedrons filled with silicon and aluminium with the ions of potassium, sodium, calcium and rarely barium balancing the rest charges. Four-membered rings, schematically sketched in figure 2, are a fundamental feature of this structure. Each ring is

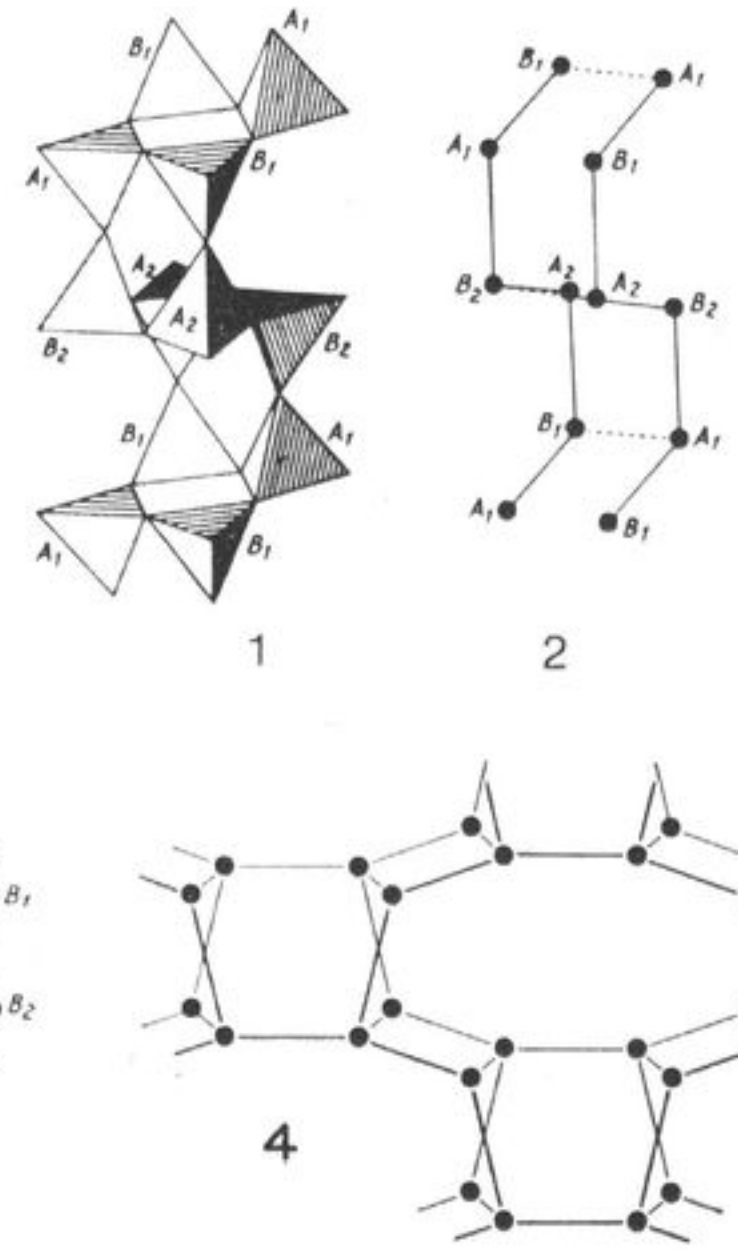


Figure 2.

Features of the feldspar structure. 1. The « to and fro » chain of tetrahedrons. 2. The Same chain without oxygen showing the positions of silicon and aluminium in the four-membered ring A_1, B_1, A_2, B_2. The « to and fro » chains resemble a crenellated wall. 3. Two four-membered rings forming a defile. 4. The chains of four-membered rings form a void.

Caractéristiques de la structure d'un feldspath. 1. le « va et vient » des chaines de tétraèdres. 2. La même chaine, sans l'oxygène, montrant la position de la silice et de l'aluminium dans les anneaux quadripolaires A_1, B_1, A_2, B_2. Le « va et vient » de la chaine a une ressemblance avec un mur crènelé. 3. Le défilé formé par les anneaux quadripolaires. 4. Le vide situé entre les chaines d'anneaux quadripolaires.

made of four tetrahedrons. The rings of tetrahedrons form typical chains. These « to and fro » chains remotely resemble the silhouette of a crenellated wall. Arranging such chains back to back we see that combined depressions create a void, combined elevations a defile. At the narrow sites oxygen bridges link the chains; the voids hold the kations of calcium, sodium, potassium, or barium.

Figure 3 illustrates the feldspar structure with the omission of the oxygen atoms. The « to and fro » chains are shown as bent ribbons. The actual twist of each four-membered ring is not shown in this drawing. The kations of calcium, sodium and potassium are drawn as spheres. There is much more to be said of the structure of these

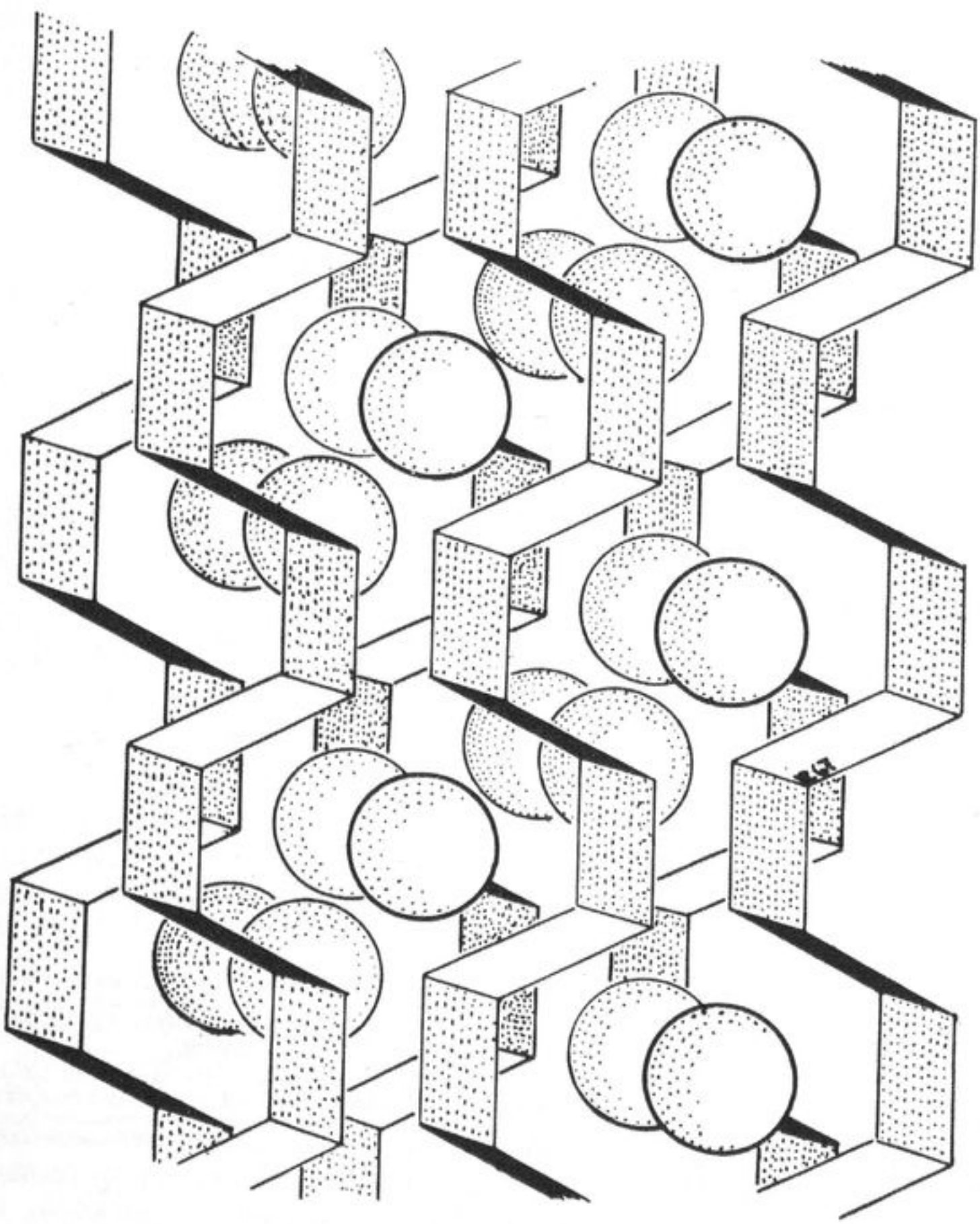


Figure 3.

Schematical drawing of a feldspar structure. The four-membered rings stripped of oxygen are shown without their actual twist as dottea rectangles. The spheres indicate the kation positions. This frame-work has mirror symmetry; the mirror plane goes through the centres of the spheres. Skewing of this structure obliterates the mirror symmetry.

Tracé schématique de la structure d'un feldspath. Les anneaux quadripolaires, dépouillés de l'oxygène sont montrés sans leur torsion réelle sous forme de rectangles pointilles. Les sphères indiquent la position des cations. Cette structure possède un plan de symétrie; le plan de symétrie passe par le centre des sphères. La déformation de la structure allère la symétrie de réflexion.

minerals but this must wait until we are more familiar with their chemical composition.

The chemical composition of feldspars. — The chemical composition of feldspars can be discussed from an inventory of the existing chemical analysis of these minerals. A theoretical consideration based on structural possibilities will shorten the discussion considerably and may eventually lead to a better understanding. The simplest unit of the framework is the four-membered ring, assumed to consist of four silicon ions surrounded by twelve oxygen atoms. Four of these oxygen atoms are shared with the adjoining rings, two form direct bridges to the next chain and two others to the opposite chains. The result: four silicon ions have four oxygen atoms and share eight oxygen atoms with other silicon ions. On the four silicon ions we find eight oxygen atoms; in a formula: Si_4O_8.

If we now replace one of the silicon ions of a ring by one aluminium ion, the difference in valency electrons of the two metals must be balanced. This is done by inserting one metal-ion with only one valency electron in the framework for every substitution in a ring. The proper place for such additional monovalent metal ions is the void in the framework discussed before. Moreover, every void is bounded by two four-membered rings. Consequently, every void must hold two kations. Metal ions meeting these requirements are those of potassium and sodium. The opportunity of preparing pure sodium feldspars and pure potassium feldspars is obvious. Imaginative minds may think of mixing potassium and sodium and inserting the first in one void, the second in the next, or even one of both in one void. Natural processes produce such feldspars with both potassium and sodium.

If we are not satisfied with the substitution of only one silicon in a ring, we may try a substitution of two silicon by two aluminium ions. The negative rest charge is two. Consequently, we have to fill the voids with metal-ions with two valency electrons such as calcium or barium. This offers at least one more possibility for each kation. But imagine what the playful minds may think of. They have been mixing sodium and potassium, they may now think of mixing sodium and calcium and of replacing one silicon here and two somewhere else; they may even go somewhat further by considering the possibilities of mixing three or even four kations next to the binary combinations.

In fact, natural feldspars show that mixing seems to go quite a long way, but there are some restrictions. These practical restrictions are determined by the range of the framework, because there are not even two ions with exactly the same width. The restrictions follow more or less logically from a study of the sizes of the various ions considered. Table 2 shows these sizes expressed in ångstrom units (1 cm = 100.000.000 Å).

TABLE 2

Ionic radii of elements occurring in feldspars

Sodium	0.95 Å	Barium	1.35 Å
Potassium	1.33 Å	Silicon	0.41 Å
Calcium	0.99 Å	Aluminium	0.50 Å

From the table it follows that substitution of silicon by aluminium results in a slightly larger tetrahedron. If two out of four tetrahedrons in a ring are thus filled with aluminium it follows that the remaining space is slightly smaller. Mixing of sodium and calcium does not lead to a space problem but to a charge problem, whereas mixing of potassium and sodium offers a space problem, but no charge problem. The existence of pure potassium feldspars proves that the void is large enough to accomodate two potassium ions. Consequently, such small ions as those of sodium and calcium will find the void rather large and the bonds with other ions rather long. Shortening of such bonds and slightly closing the void is reached by a skewing of the framework. A change of the symmetry of the framework is the obvious result; a feature that will be discussed later.

The theoretical reasoning developed in this paper has been guided by a fore-knowledge of the actual measurements on feldspars and of established and less established conclusions drawn from these measurements. Even without this knowledge the above considerations do not strike one as inconsistent.

In this section it has been theoretically considered how a range of feldspars with various chemical compositions may result from a balancing of rest charges of tetrahedron chains by monovalent or divalent metal ions. It has been argued that problems of fit may be compensated by a skewing of the framework. The features considered up till now can be found in natural fedspars. Still, they do not show all of the chemical compositions that result from the theoretical deductions. Some gaps seem to exist in the assumedly continuous ranges. The explanation for such « forbidden combinations » in natural feldspars will be given later. On this basis three important groups of feldspars can be distinguished:

ALKALI FELDSPARS, chemically a range of natural crystalline phases between pure potassium and pure sodium feldspar.

PLAGIOCLASE FELDSPARS, chemically a range of natural crystalline phases between pure sodium and pure calcium feldspar.

HYALOPHANE, chemically a range of natural crystalline phases between pure potassium and pure barium feldspar.

The ideal endmembers of these ranges are known as:
Potassium feldspar, sometimes termed ADULARIA[1], frequently

POTASH FELDSPAR, MICROCLINE, ORTHOCLASE and SANIDINE.

Sodium feldspar, termed ALBITE.
Calcium feldspar, termed ANORTHITE.
Barium feldspar, termed CELSIAN.

In the field we may encounter practically every chemical composition of the alkali feldspar range; the plagioclase range shows some conspicuous gaps; the presence of barium is found in virtually every feldspar; feldspars with more than two wght % of BaO are rather rare and restricted to manganese deposits. Members of the range between calcium and potassium feldspars have been prepared in the laboratory; they don't seem to occur in the field. The same can be said with some restrictions about the so-called ternary feldspars, feldspars with fair amounts of calcium, potassium and sodium. The occurrence in nature of these feldspars has been reported. Not much is known about quaternary feldspars. A study of these phases in the laboratory may be a challenging subject for an enterprising student. The same can be said about the ternary feldspars with barium, about feldspars with iron instead of aluminium (of which something is known), about feldspars with ammonium or with other alkali metals.

The order - disorder relation. — The existence of alkali feldspars with exactly the same chemical composition but with different structures has puzzled mineralogists from the beginning of the eighteenth century. This difference was easily recognized because it was clearly reflected in the crystal morphology that could be measured with comparatively simple apparatus.

At the beginning of our century petrographers and mineralogists had the idea that chemically the range of plagioclases was a fairly continuous one from sodium feldspar (albite) to calcium-feldspar (anorthite). Consequently, they expected the physical properties of these minerals to show a continuous variation. Especially the optical properties were thought to change regularly with the chemical composition. As a result, graphs listing optical properties (such as indices of refraction or the orientation of a specific optical direction in relation with a crystallographic direction) against the chemical composition were supposed to show only one neat smooth curve for every optical property. Therefore, such curves were used for the optical determination of the chemical composition of a certain plagioclase.

As long as the number of measurements on chemically analysed

[1] Adularia is used for the well shaped crystals from Alpine tension cracks and crystal chambers.

minerals was rather limited they seemed to corroborate the theory. In the course of time, more measurements were made and some of these were « incompatible » with the theory, because they did not fit the smooth curve. Such « questionable » measurements were reported in increasing numbers and numerous experts ascribes them at first to bad measurements or bad analyses. Afterwards, they were thought to result from patchy inhomogeneities of a chemical or a structural nature. The persistence of the idea of a continuous plagioclase range up till quite recently illustrates some aspects of human nature that is always fascinated by simple and elegant features. These patchy-fans started from an assumption that crystal morphology is generally more perfect than crystal structure, disregarding even the experience of their own teachers using the good old goniometer of Wollaston. In a paper of 1965, Alex C. Tobi disposes of such patchy inhomogeneities in a way that can hardly be misunderstood.

In the early thirties it became apparent that feldspars showed a change of certain physical properties after being heated for a long time. Furthermore, it gradually dawned upon petrographers and mineralogists that feldspars of volcanic rocks differ from feldspars from metamorphic schists and gneisses. Finally, some structural features were found after inspection with X-ray methods to change with a heat treatment.

The structural properties of feldspars have been considered in an explanation of the various possibilities of the chemical composition. The four-membered ring in relation with the replaceable kations sodium, calcium and potassium has been discussed. We did not ask whether the properties of feldspars were influenced by a specific choice of the sites of the aluminium in this four-membered ring. In 1933 Tom F. W. Barth did ask this crucial question and he answered it as follows: « In the feldspar lattice both silicon and aluminium have coordination number four[1], and there are no structural features demanding that at *all temperatures* one particular pair of available positions should be preferred by aluminium ». This statement had an enormous influence on progress in feldspar research ever since, although even Barth himself did not fully realize its importance at the time of writing. The statement was made solely for the explanation of the differences of symmetry between microcline on the one hand and sanidine and adularia on the other. The statement in its proper form, however, suggests that not at all temperatures but at certain temperatures a preference is demanded. About ten years later A. Köhler clearly explained the existence of high-temperature plagioclases related with volcanic rocks and low-temperature plagioclases related with metamorphic rocks. And still later it was established by laboratory expe-

[1] With the sentence: aluminium has coordination number four Barth wants to say that aluminium is surrounded by four oxygen atoms just like silicon.

riments that microclines were low-temperature and sanidines high-temperature potassium feldspars. The case of adularia will not be discussed any further because it involves some highly specialistic arguments and still a lot of speculation.

In figure 4 a schematic illustration adopted from Fritz Laves is drawn showing the silicon and aluminium positions only. A random distribution of aluminium does not influence the mirror symmetry of the pattern. A preferential distribution destroys this mirror symmetry; the more so, because the oxygen tetrahedron with aluminium in the centre has slightly larger dimensions. Natural feldspars exhibit these features. Alkali feldspars of volcanic rocks, such as trachites have mirror symmetry. Such feldspars are called sanidines from the *Gr.* σανιδιον, a tiny plank; they certainly have a high-tempera-

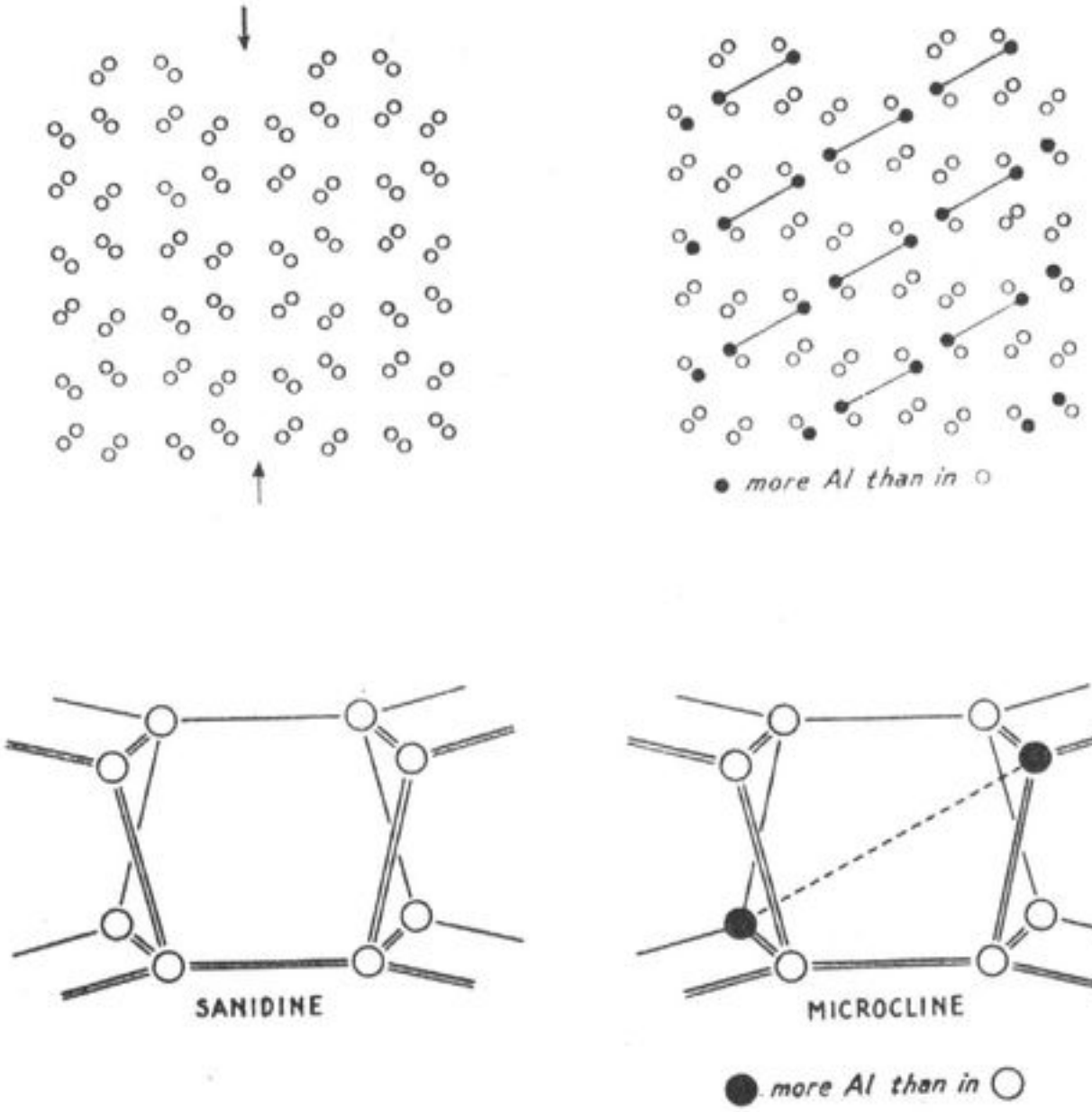


Figure 4.

The order-disorder relation. Left, aluminium is randomly distributed over the available sites. The positions of silicon and aluminium are of the same value, bringing forward a mirror symmetry. The upper left drawing shows the position of one of the possible mirror planes, indicated by arrows. In the upper drawings the positions of aluminium and silicon have been drawn as circles. The drawings on the left show a preferential distribution of aluminium. The sites drawn as black circles are preferred. The mirror symmetry is no longer present. The schematical representation of this phenomenon is from Laves and Goldsmith.

Les relations entre un état ordonné et un état désordonné. A gauche, l'aluminium est distribué d'une façon aléatoire sur les cases disponibles. Les positions de la silice et de l'aluminium sont de même valeur ce qui entraine une symétrie. Le schéma supérieur gauche indique la position d'un des plans possibles de symétrie, indiquée par des flèches. Sur les schémas supérieurs, les positions de l'aluminium et de la silice ont été indiquées par des cercles. Les schémas de gauche montrent une distribution préférentielle de l'aluminium. Les cases préférentielles sont indiquées par des cercles noirs. Il n'y a plus de symétrie. La représentation schématique de ce phénomène a été établie d'après Laves et Goldsmith.

ture genesis. Alkali feldspars without this mirror symmetry, the so-called microlines are found in gneisses, schists, granites and pegmatites. As the name microline suggests, these feldspars are just a bit skewed; they have an assumed low-temperature genesis.

The framework of plagioclase feldspars is always skewed. Consequently, they never show this mirror symmetry. Still, specimens from volcanic rocks with a high-temperature genesis exhibit properties that are quite different from those of plagioclases found in gneisses. The explanation? Again the preferential distribution of aluminium over the available sites brings about other properties than a random arrangement.

The « incompatible measurements » discussed before are just normal. There is no error in the measurements, the error was made by the investigators assuming that:

There is only one « structurally and chemically continuous range » of plagioclase feldspars. One may be satisfied with the state of affairs so far, provided the mixing of kations is not carried to extremes. Feldspars form two series. A disordered one with a perfectly random arrangement of aluminium over the available sites and an ordered one with a perfectly preferential distribution. This explains why formerly those expecting one smooth curve for a specific property of plagioclases, got their picture all blurred because there are two such beautiful lines. We know now that the difficulties observed resulted from plotting measurements on a wrong curve.

If one had taken the trouble of plotting the known and reliable measurements on two curves one would have found that quite a number of them fit these curves perfectly, provided they are plotted on the right curves. Still, a small amount of equally reliable measurements disturb the simple scheme; they do not fit either of both curves.

Playful minds, thrilled by the possibilities of the replaceability of the kations in the open voids of the framework, may have immediately grasped the possibilities of random or preferential distribution of aluminium. The « order-disorder » relation must allow for a *partial* order also. They may have envisaged for instance a replacement of 15% of the available silicon ions preferentially by aluminium; afterwards just scattering the remaining aluminium ions randomly around. In addition to the two possibilities discussed, one may expect the occurrence of *more or less* ordered feldspars. In this way, the occurrence of alkali feldspars is explained that show only minor deviations from the ideal mirror symmetry. In this way, the occurrence of plagioclases that find no place on the two neat and smooth curves but somewhere in between them is made plausible.

In brief, feldspars exhibit two series of polymorphs. A first series is called disordered because of the random distribution of aluminium over the available sites; disordered feldspars are generally found in

rocks of a high-temperature origin such as volcanic rocks. A second series is called ordered because of the preferential distribution of aluminium over the four-membered rings. Ordered feldspars are found in rocks of a presumed low-temperature origin.

The disordered series shows the sanidine structure with mirror symmetry from the pure potassium side to the nearly pure sodium side of the binary system potassium-sodium. The sodium-calcium range of the series of disordered feldspars has one structure throughout the group, a structure that has been first studied on a heated albite, and is therefore called the high-albite structure.

The low-temperature feldspars are without mirror symmetry. The potassium-sodium range exists only from pure potassium to approximately 25% of the sodium feldspar molecule mixed with 75% of the potassium feldspar molecule. The structure is the same for every member of this series and is called the microcline structure. The sodium-calcium range of ordered feldspars is structurally rather complex. A small portion, rich in sodium, has the low-albite structure. A small portion of the range near the pure albite and also near the pure anorthite composition is supposed to be rather unstable, because these members are rarely found in nature. The medium part of the range of ordered sodium-calcium feldspars has a structure that differs from that of pure albite and from that of pure anorthite. The structure is understood as a stacking of extremely small lamellae of sodium-and of calcium-rich feldspars, too small to be seen even with the most powerful microscope. Such stacking phenomena can be envisaged with books on a shelf. Imagine a shelf on which there are 40 books with the same bindings, and 60 books with another type of binding. The 40 represent albite lamellae, the 60 calciumrich lamellae. One may get a homogeneous but discontinuous row by arranging them in sets of 2.3.2.3.2.3. or in sets of 4.6.4.6. etc.. A definite conclusion about the real phenomenon has not yet been reached. The playful minds may still philosophize about all the possible models based on stacking; the type of ordering in both lamellae types; the type of ordering that can be imagined in the sodium and calcium distribution; certainly a fascinating subject.

Between these two series of high-and low-temperature feldspars a continuous range of *more or less* ordered feldspars seems to exist. They are known from certain rocks and they have been made in the laboratory by heating low-temperature feldspars not long enough to reach the real high-temperature state. Such feldspars of an intermediate degree of ordering or of an « intermediate obliquity » as the jargon says, are more frequently found in the field since the development of measuring techniques that allow for an easy and rapid determination of these properties. X-ray powder methods are applied for alkali feldspars; opitcal properties unmask the plagioclases. Perhaps the application of laser

optics or light of short wave-length will bring the two methods together in the future. The development of the electronmicroprobe is expected to throw some more light on the still unsolved problems.

Perthites, mesoperthites, antiperthites, peristerites. — The caption heading this section seems a mutilated magical rite. It is the result of haphazardous phrasing in science a century ago and of the persistency of such incantations up to our times. Unraveling its meaning brings us to the town called Perth in the province of Quebec in Canada. A mineralogist named Thompson found a « fleshred aventurine feldspar » near Bathurst and Township, localities in the neighbourhood of Perth, in the year of 1843. The feldspar is rather rich in sodium and Thompson thought it a new mineral specimen. Therefore, he called it perthite. In 1861 D. Gerhard had a good look at these perthites and concluded that the substance was a lamellar[1] aggregate of alkali feldspar and sodium feldspar. Although a mineral species was refuted, the name persisted and was retained for the phenomenon of the lamellar aggregates of tow types of feldspar. It was later commented upon and made into compound nouns and adjectives like cryptoperthite, microperthitic, antiperthite, mesoperthitic etc.; it now literally litters technical feldspar papers. The origin of these lamellar aggregates is understood and will be explained next.

Experimental work on alkali feldspars and plagioclases has been carried out since the beginning of this century and is still one of the chief concerns of large groups of specialists. The aim of this type of work is the investigation of their thermal behaviour and isomorphism. Numerous workers in this field contributed to our present insight; much of it is due to the work of Norman L. Bowen, Julian R. Goldsmith and Fritz Laves. The experimenters followed two courses. They prepared glasses of feldspar composition from laboratory chemicals and forced these to crystallize in sophisticated crucibles under high pressures, high temperatures and with a dash of superheated steam. Afterwards, the crystalline products were investigated with X-ray diffraction methods and their optical properties were measured. They also took natural feldspars and subjected these to comparable tortures with heat, pressure and eventually a dash of superheated steam. The results were studied in the same way.

These results shed light on the origin of the lamellar feldspar aggregates from Perth and from numerous other localities. Besides, they led to conclusions about the genesis of feldspars in rocks and about the « forbidden combinations » hinted at twice before.

The first result needed for the present review is the experience that it is possible to transform any feldspar, even a perthite, into

[1] These lamellae are much wider than the ones discussed before and often visible with a microscope.

a homogeneous perfectly disordered form, by a prolonged heat treatment without actually melting the specimen. Some specimens are rather stubborn in fact and the treatment may need some time (weeks or even months). If the specimen is brought in a sealed metal tube and some steam and pressure are applied the transformation can be brought about much quicker and with lower temperatures. But it needs some advanced equipment to control whether the specimen goes through a kind of « molten » state in that case. After the treatment the structures are similar to those of sanidines or high-albites dependent on the chemical composition. Anorthite, the pure calcium feldspar, is the only phase that does not conform to this rule.

The second result pertains to perthitic feldspars. The lamellar aggregates change considerably upon heating. The lamellar structures vanish and a homogeneous feldspar is the result. If perthites are mildly treated, it is possible even to produce a homogeneous feldspar without seriously disturbing the original ordering of the initial phases. Edmonson Spencer noticed in 1937 that some of the homogenized perthites unmix again if treated properly. I had the same experience by accident with a heated perthite from the Baveno granite. We studied homogenized perthites of this granite by X-ray methods and finally found a homogeneous partly ordered alkali feldspar. After that the furnace was left to cool with the remaining specimen which was afterwards stored in a drawer. After a few months I needed a homogenized sample for the sake of comparison. The sample was produced from the drawer and proved useless because it showed two feldspar phases again due to unmixing.

The third result is looked upon as a failure by most of the colleagues in the field. They tried to produce both ordered and disordered feldspars starting from mixes or glasses of laboratory chemicals. Whatever they tried, only disordered phases came out of their crucibles.

Feldspar specialists concluded from this evidence that perthites were the result of an unmixing process in the solid state. The phenomenon could be reproduced in the laboratory, provided it was performed with homogenized perthites. Unmixing has never been observed with disordered crystals made from laboratory chemicals or with specimens that were not perthitic before. As an explanation of these unmixing products found in the field it has been inferred from the above evidence that the originally homogeneous feldspars were unstable under the circumstances of temperature and pressure that developed after their crystallization. Hence, the unmixing is caused by adjustment of the originally homogeneous feldspar to its new environment. An example may illustrate this.

A volcano produces a sanidine bearing lava. Subsidence of the crust brings the region below sealevel. The sea invades the land. The lava is from then on covered by a load of sediment growing in

thickness through the ages. It is brought deep in the earth crust and movement of the crust itself may cause circumstances in which the temperature raises as well as the pressure. The ions in the sanidine framework get some freedom to move and this movement facilitates the adjustment of the crystal to its new environment. At these temperatures and pressures, disordered feldspars such as sanidines are unstable. The stable phases are more or less perfectly ordered. Ordered phases of this specific chemical composition cannot exist because of problems of fit. The separation into two phases, one with a sodium-rich composition and one with a potassium-rich composition, is necessary. In order to arrive at this distribution of the ions, the aluminium has to be redistributed and the sodium and potassium have to move through the aluminium-silicon framework towards adjoining lamellae.

The framework of feldspars is such, that the redistribution of aluminium is a rather sluggish process, the redistribution of sodium and potassium situated in large voids is much easier. Therefore, the homogenization of these perthites in a laboratory starts with a homogenization in terms of sodium and potassium. The movement of these ions leaves the silicon-aluminium-oxygen framework rather unimpaired. The production of a disordered structure from an ordered one with a heat treatment is a much harder task and needs higher temperatures and more time.

Recently, studies of rather rare plagioclases, that were frequently used for making gem stones revealed a submicroscopic lamellar aggregate of albite and oligoclase (plagioclase with 10% to 30% of the anorthite molecule). Experiments with these lamellar aggregates by Paul H. Ribbe proved that they can also be homogenized by a heat treatment. The occurrence of unmixing in plagioclases has since been called peristerization, because these unmixed plagioclases, showing a beautiful bluish opalescence, are called peristerites in allusion to the colourplay on a dove's neck.

Twins. — Every reader knows what twins are. From analogy it is known what is meant by the expression « twin beds ». In mineralogy and crystallography a crystal is said to be twinned if it consists of two (or more) crystals united in reversed position with respect to each other, either in juxtaposition or mutually interpenetrated. Twins occur in numerous crystalline substances and we know them from sight, because as children we may all have sucked those sugar-candy crystals grown on a cotton thread.

An early description of twins of alkali feldspars has been given by the German poet and statesman Johann Wolfgang von Goethe, who followed the fashion of his time in producing some descriptions of collections of curiosities and places worth seeing. He also philosophized about the weather, about the origin of colours about geological problems

and about science in general. Some of there works are still worth reading and the description of the alkali feldspar twins found in the granite about Karlsbad, a fashionable resort with a thermal spring, is vivid and accurate. Afterwards these twins were called Karlsbad twins. Localities such as Baveno, Manebach, Esterel, Roc-Tourné and Scopi gave their name to other twinning types.

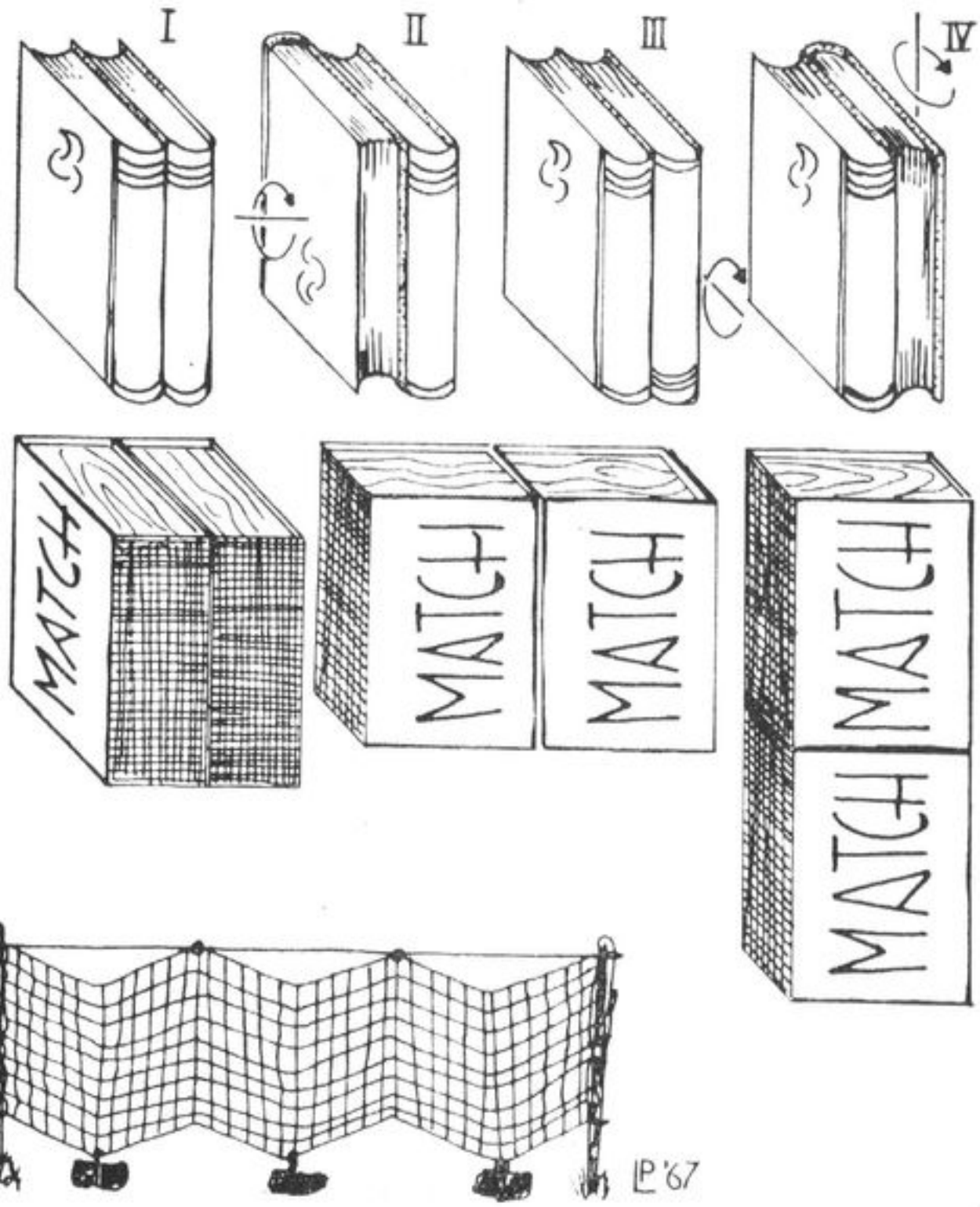


Figure 5.

The possibilities of feldspar twinning as illustrated with sets of books and with matchboxes. The explanation is given in the text. The wire netting in the lower part of the drawing illustrates one of the mechanisms of twinning; Stresses bring about a regular skewing also discussed in the text.

Les types possibles d'hémitropie dans un feldspath illustrés par des assemblages de livres et de boites d'allumettes. Voir l'explication dans le texte. Placé en bas, le filet représente l'un des mécanismes qui provoquent l'hémitropie. Les contraintes causent une déformation régulière, ainsi qu'il est expliqué dans le texte.

More important than von Goethe's contribution of 1807 is the latin thesis of Gustav E. Kayser of 1834. In this report of his observations on plagioclase crystals of the private collection of a Berlin medical officer of high standing, Kayser makes his readers understand the

simple rules behind the twinning of feldspars. Moreover, he describes the known twinning types but two. It is an unsolved problem why nobody read the thesis with the exception of one of his friends, the more so since a paper written in German on the same subject was published by Kayser shortly afterwards in the famous Annalen der Physik und Chemie, edited by J. C. Poggendorff. A second, apparently independent paper by a Russian named Ussow (issued in Tomsk in 1910) was needed to bring a complete list of feldspar twins under the attention of the specialists. Knowledge about the existence of the work of Kayser had to wait until Conrad Burri unburried this work from the library in Zürich in 1962.

It will lead much too far to explain in detail the geometry of all the known feldspar twins. The scheme, however, is rather simple and can be explained with skewed tablets, the most primitive form of a feldspar crystal.

Before going into this subject any further we may illustrate the principle of twinning by using two identical books. Such a book is a kind of tablet, although it is not skewed. If we take the two books and place them before us on a desk in such a way that the backs face us and they stay upright, the two books have identical positions with regard to the observer. If they represent two feldspar crystals, they may represent together one crystal in every respect. The two books are in a twinning position if we take one and turn it round before we put the faces against each other again. The reader who actually tries this will see, that there are various ways to turn one of the books, cf., figure 5. We may turn one of them around an axis perpendicular to the face (II), we may turn one by an axis parallel with the back (IV) or with the horizontal edge of the book (III). In this case there are three axes of rotation and one composition face. If the same game is played with boxes, for instance matchboxes, there are three possible composition faces and three axes with every composition face as is illustrated again in figure 5. A try with matchboxes shows 9 possible twins.

In the foregoing twinning is described as an operation with a rotation axis and a composition plane. Feldspars have three well expressed crystal faces, that also function as cleavage planes. These three planes comprise the skewed tablet, making angles with each other of approximately 116°, 90° and 84°. With such tablets twins can be made, using the planes as composition faces and the axes can be perpendicular to these planes. One may, however, also choose the edges of the tablet as the direction of the rotation axis. In this way another set of twins is formed. Finally one may choose the perpendicular direction of these edges in the face as axes of rotation. This together gives a rather large amount of twins, disregarding the occurrence of twins with other composition faces as the three just described.

Twins in feldspars are sometimes single twins, that is so to say they consist of two individuals. In other cases, however, the feldspar crystals show a repetition of twinned individuals. Such twins are often called lamellar twins or polysynthetic twins, though the terms may well be critizised. Lamellar twins comprise a set of crystals in juxtaposition with the same twinning axis and the same composition face. In order to imagine these lamellar twins, go to your own bookshelf and turn over the second, the fourth, the sixth etc. book. After this operation the second, the fourth, etc. book may stand upside down and back to the wall. Another lamellar twin is made if for instance every odd numbered book in a row is turned back to the wall only.

We played the twinning game with books and boxes, turning them around in space. But feldspars in rocks do not have the space to form twins in this way. The example explained the geometry only, not the process. In order to explain the process we may imagine a piece of wire netting streched between two poles. Bricks are attached to the netting with regular intervals and the upper edge is attached to a piece of wire as illustrated in figure 5. The stresses acting on the netting bring forth alternating regular skewing of the netting. A special type of twinning in feldspars is caused by such stresses in rocks, the resulting twins are called stress twins or glide twins. Other comparable mechanisms bring about other twinning types.

Twinning, as an important game of nature has a genetical cause. The cause may be an accidental departure from equilibrium during growth. It may be an adjustment to stress. It may be a result of a transformation from the disordered form towards the ordered one; especially if the ordered form does not have the mirror symmetry of the disordered form. In the latter case the twinning face more or less takes the place of the original mirror plane. As a matter of fact untwinned feldspars are rare. Chemists employed in growing perfect crystals for the optical and electronic industry know how difficult it is to produce flawless crystals i.e., crystals without twins, without small departures from the ideal structure and without small cavities.

Therefore, the presence of a particular type of twin in a feldspar may supply the investigator with important information about the circumstances during its growth and about the subsequent deformations and other tortures it endured while buried in Pluto's realm. Twins offer a genetical code to the student who fully understands its cause. But we are far from understanding in detail the various causes of twins. The Japanese Masao Gorai made a systematic analysis of the frequency of various twins. As a result a crude system developed for a first analysis of the genesis of large groups of rocks. This scheme fascinated a number of colleagues in the field. They followed his course and adduced more details. Most succesful among these has been Alex C. Tobi, who not only refined Gorai's rules but also described more watertight methods for the identification of twins with optical methods.

THE STUDY OF FELDSPARS. — From the foregoing it is evident that a rather large number of people have been involved in the study of feldspars for a rather long time. It may complete our understanding if we only know why they study these feldspars. A general answer could very well be: « Because feldspars are the most important minerals of the earth's crust». Still, I doubt whether that is the proper motivation for the majority of investigators.

A large category of feldspar students have been drawn to the subject by mere curiosity. This certainly is a valuable and highly esteemed reason. Curiosity leads to wonder. Wonder stimulates the effort to understand. Understanding is our only means of survival on this planet, because it enables us to do the right thing at the right time. Others have a practical concern for these minerals.

Petrographers study feldspars in order to get information about the nature and the origin of rocks. The occurrence of specific feldspars may give evidence about the environmental changes causing a granite to turn into a gneiss or a lava into a greenschist. Sedimentologists finding high-temperature feldspars in sand or gravel may conclude that weathering of a volcanic rock produced at least part of the present sediment. Soil scientists are interested in the fertility of soils. Volcanic ash soils and recent river sands constitute a rich parent material for a fertile soil because they contain an appreciable amount of fresh minerals. In the course of soil formation these minerals, feldspars among them, alter and provide the crops with sufficient amounts of such important macro elements as for instance potassium.

Mining engineers involved in problems of ore dressing study feldspars in order to develop a method for the removal of these minerals from a mixture. They study the surface properties of these substances in order to design an efficient flow sheet for a feldspar flotation plant. They study their electrical and magnetic properties for the development of other separation methods. Specialists in the ceramic industry and in the glass industry study feldspars in combination with other materials for the development of fine ceramic products and glasses of high quality.

The methods used in a study of feldspars are as numerous as the phases of feldspar composition that are found in the earth's crust. They have been studied optically, with X-ray methods, with electron microprobes, with chemical methods, with radioactive radiation, in calorimeters, in furnaces and what not. They have been studied by physiscists, by chemists, by crystallographers, by mineralogists, soil scientists, engineers, ore dressers, ceramical engineers, glass makers, biologists and gem cutters.

After this description of the use of feldspars, of their importance to agriculture and of the importance of their weathering products it is

not exaggerated to state that life, especially our own life, would be unthinkable without this mineral.

Wageningen, Agricultural University, Department of Regional Soil Science.

L. VAN DER PLAS

SELECTED READING ABOUT FELDSPARS

BARTH T. F. W., 1934. - *Polymorphic phenomena and crystal structure.* Am. J. Sci., 27 : 273-286.

BOWEN N. L. and TUTTLE O. F., 1950. - The system $NaAlSi_3O_8$-$KAlSi_3O_8$-H_2O. J. Geol., 58 : 489-511.

BURRI G., 1962. - *Gustav Eduard Kayser (geb. 1803) und die Zwillingsgesetze der Plagioklasen.* Schweiz. Min. Petr. Mitt., 42 : 25-36.

DEER W. A., HOWIE R. A. and ZUSSMANN J., 1963. - *Rock-forming minerals. 4 Framework silicates.* Longmans, London, 435 pp.

GAY P. and BOWN M. G., 1956. - *The structures of the plagioclase feldspars. VII. The heat treatment of intermediate plagioclases.* Mineral. Mag., 31 : 306-313.

GOLDSMITH J. R. and LAVES F., 1954. - *Potassium feldspar structurally intermediate between microcline and sanidine.* Geoch. Cosmoch. Acta, 6 : 100-118.

GORAI M., 1951. - *Petrological studies on plagioclase twins.* Amer. Mineralogist, 36 : 884-901.

KIRCHBERG H., 1955. - *Feldspataubereitung.* Montan Rundschau, 3 : 290-293.

KOEHLER A., 1942. - *Die Abhängigkeit der Plagioklasoptik vom vorangegangenen Wärmeverhalten.* Min. Petr. Mitt., 53 : 24-49.

LAVES F. and GOLDSMITH J. R., 1961. - *Polymorphism, order, disorder, diffusion and confusion in the feldspars.* Curs. Conf. Inst. Lucas Mallada, 8 : 71-80.

MARFUNIN A. M., 1962. - *Polevye shpaty - fazovye vzaimootnosheniya, opticheskie svoistva, geologicheske raspredelenie.* Ac. Sc. U.S.S.R.; Proc. Inst. Geol. etc. Vol. 78. Transl. Israel Progr. Sci. Transl. 1966; « The feldspars, phase relations, optical properties and geological distribution » Olbourne Press, London.

MEGAW H. D., 1961. - *Bibliography of papers dealing with structure analysis of feldspars.* Curs. Conf. Inst. Lucas Mallada, 8 : 167.

PLAS L. VAN DER, 1966. - *The identification of detrital feldspars.* Elsevier, Amsterdam, 305 pp.

REINHARD M., 1928. - *A propos de la détermination des plagioclases par la méthode des Fedoroff.* Comp. R. Soc. Phys. Hist. Nat., 40 : 12-15.

RIBBE P. H., 1960. - *An X-ray and optical investigation of the peristerite plagioclases.* Am. Mineralogist, 45 : 626-644.

TOBI A. C., 1962. - *Characteristic patterns of plagioclase twinning.* Norsk. Geol. Tidsskr., 42 (Feldspar volume).

***, 1965. - *On the cause of internal optical scatter in plagioclase and the occurrence of lamellar albite-ala B-twinning.* Am. J. Sci., 263 : 712-718.

CRUSTACEAN COLOR CHANGES WITH EMPHASIS ON THE FIDDLER CRAB

The fiddler crab, Uca, *is an ideal organism for use in studies of color changes. This crab possesses four different integumentary pigment cells or chromatophores, yellow, white, red, and brown-black, that can be used in comparative studies of their hormonal control and responses to environmental factors such as light and temperature. Daily and tidal rhythms of color change are an important additional facet of the chromatic physiology of this crab. As a consequence of the daily rhythm the chromatophoric pigments are more dispersed by day than at night. In addition, the crabs exhibit a supplementary pigment dispersion that is related to the times of high and low tide in their habitat. Because of its fascinating hormonally regulated cyclic color changes, the fiddler crab is a highly useful organism to investigators of endocrine mechanisms and biological chronometers. The fiddler crab has provided a significant portion of the basic information in both areas of investigation.*

The ability that many crustaceans have to change color has intrigued investigators for a number of years [1, 2, 3]. Of all the crustaceans, the fiddler crab, *Uca*, appears to have been used in more investigations of color changes than any other. The primary reason for the extensive interest in this genus is the fact that not only can it change color but it changes predictably according to (a) the time of solar day and (b) the times of high and low tide in its habitat. Consequently, the fiddler crab has not only allowed us to add to our basic information on how color changes occur, but also to understand biorhythms more clearly.

Color changes in crustaceans as in all animals with this ability, except the cephalopod mollusks, are due to dispersion and concentration of pigment in effectors that have a fixed cell outline and are usually highly branched, especially in crustaceans and cold-blooded vertebrates. These effectors are termed chromatophores. The fiddler crab possesses four types of chromatophores, each possessing a different colored pigment, brown-black melanin, red, white, and yellow. Yellow chromatophores, however, have not as yet been the subject of investigation in the fiddler crab because they so closely approximate the color of the overlying exoskeleton that it is difficult to observe them.

Crustacean chromatophores exhibit two general types of physiological response to light, primary and secondary. The primary response is a direct response of the chromatophore to light, whereas the secondary response opperates through the eyes and in the case of crustaceans is mediated by blood-borne factors. Crustacean chromatophores are not innervated as they are in some other animals.

RESPONSES TO LIGHT AND TEMPERATURE. — The two most important functions ascribed to chromatophores are protective coloration and thermoregulation. Mimicry of the shade of the background obviously should better adapt the crab for self-protection as well as for attack. The red chromatophores exhibit an extensive response to background [4]. During the daytime the pigment will disperse nearly maximally in crabs on a black background and concentrate almost maximally in those on a white background. The melanophores, however, show only a small response to background [5], their pigment being only slightly more dispersed in crabs on a black background than on a white one. Bright light will have a direct effect (primary response) on the melanophores, causing some dispersion of the melanin. However, the rhythms of color change are the main determinant of the degree of melanin dispersion and not the primary or secondary responses. The daily rhythm of color change is such that the chromatophoric pigments are more dispersed during the daytime than at night. Rhythms of color change will be discussed in detail below.

The white chromatophores present an interesting example of the type of population difference that we are now beginning to observe in studies of color changes among crustaceans. The white pigment of *Uca pugilator* from the area of Woods Hole, Massachusetts shows a response to background, being more dispersed in crabs on a white background than on a black one, but the amplitude of the response is not great [6]. The pigment in this population of crabs will become maximally dispersed but never maximally concentrated in crabs exposed to an illumination even as low as 0.09 meter-candle. However, in darkness the white pigment of these crabs can become maximally concentrated. In contrast the white pigment of illuminated *Uca pugilator* from Panacea, Florida covers the entire range from maximal concentration to maximal dispersion on black and white backgrounds respectively [7]. The result of the background responses shown by these three types of chromatophores is that the crabs tend to darken on a dark background and blanch on a light one.

The degree of dispersion of the melanin and the white pigment in relationship to temperature has also been determined [6]. The melanin tended to concentrate as the temperature was increased above about 15°C . The white pigment, in contrast, tended to disperse as the temperature increased above 20°C. These changes were interpreted as thermoregulatory because with increasing temperature above 15-20°C the reflectivity of the body surface should increase as the melanin concentrates and the white pigment disperses. The increased reflectivity should result in a reduction of the absorption of radiant energy. This hypothesis was tested by measuring the body temperature of fiddler crabs with implanted thermocouples [8]. When pale crabs having maximally concentrated melanin and dark crabs having maxi-

mally dispersed melanin were exposed to sunlight the pale crabs remained 2°C cooler than the dark ones. Actual measurement revealed that indeed more visible light is reflected from dark crabs than pale ones. Furthermore, the difference in reflectivity between the pale and dark crabs was greater at the longer wave lengths which have a greater heating capacity than do the rays at the violet end of the spectrum. The hypothesis of Brown and Sandeen [6] that the responses of the chromatophores in *Uca* to temperature changes are thermoregulatory is definitely supported by these findings.

Hormonal Control of the Chromatophores. — Crustacean endocrinology had its beginnings in the studies of Koller in Germany and Perkins in the United States during the late 1920's. These investigators using shrimps and prawns demonstrated the endocrine character of the control of crustacean chromatophores. It was not, however, until 1935 that the chromatophores in a crab were investigated. Carlson [9] reported that eyestalk ablation resulted in melanin concentration in *Uca* whereas injection of an eyestalk extract caused dispersion of this pigment.

The investigations of Koller and Perkins led Hanström to perform a series of studies designed to determine the sites of storage of the chromatophorotropins. An interesting aspect of crustacean endocrinology is the fact that its basis lay in physiological studies which were followed by morphological observations. In contrast, vertebrate endocrinology developed from the desire to determine the function of a number of organs described by the early anatomists. Hanström found a glandular structure in the eyestalk of numerous higher crustaceans that he named the sinus gland because of its proximity to a blood sinus. In the fiddler crab the sinus gland lies in the middle third of the eyestalk. Localization experiments revealed that the sinus gland is a potent source of chromatophototropins. However, studies in the early 1950's by a number of investigators revealed that the sinus gland does not itself produce the chromatophorotropins but is in reality a storage and release organ for chromatophorotropins produced both in the eyestalks and within the body proper. These substances are transported from the cell body through axons to the sinus gland which consists of the swollen nerve endings of the neurosecretory cells in which the hormones are synthesized. The chromatophorotropins have thus turned out to be neurosecretory products (Fig. 1). A storage and release structure for neurosecretory products, such as the sinus gland, has been given the general name of neurohemal organ. The post-commissural organs which lie in the body proper in the region of the esophagus comprise the second neurohemal system of crustaceans that is an important release site for chromatophorotropins [10]. In *Uca pugilator* paired

post-commissural nerves emerge from the anterior surface of the tritocerebral commissure which lies posterior to the esophagus and has its roots in the circumesophageal connectives. Each nerve passes anterolaterally to terminate in a network of fibers, the post-commissural organs, next to a dorsoventral venous channel. The proximity of these neurohemal organs to large sinuses would seem to assure rapid circulation of hormones after their release.

Evidence has now been obtained for pigment-dispersing and pigment-concentrating hormones for the red chromatophores, white chromatophores, and melanophores. As mentioned above, Carlson [9] found a melanin-dispersing hormone in the portion of the eyestalk that contained the sinus gland. Sandeen [11] found this hormone

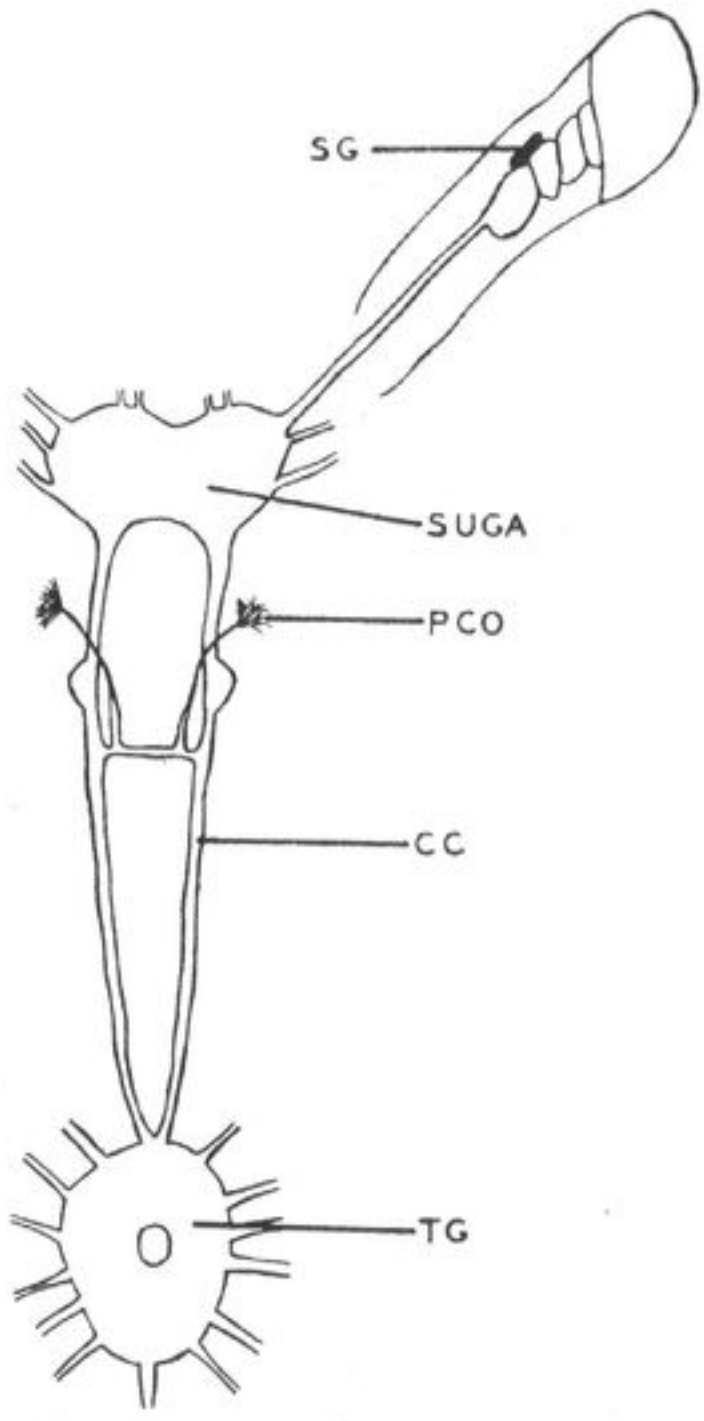


Figure 1.
Diagrammatic representation of the neurosecretory system in *Uca pugilator*. CC, circumesophageal connective; PCO, post-commissural organ; SG, sinus gland; SUGA, supraesophageal ganglia; TG, thoracic ganglia.

Représentation par diagramme du système neuro-sécréloire chez Uca pugilator. *CC, connectif circumoesophagien; PCO, organe post-commissural; SG, glande sinus; SUGA, ganglions supra-oesophagiens; TG, ganglions thoraciques.*

in high concentration in both the sinus gland and optic ganglia which reside in the eyestalk. She also obtained melanin dispersion after she injected extracts of the central nervous organs that lie in the body proper. Sandeen noted that the melanophores appeared to be capable of an increasing response with increasing concentration of the melanin-dispersing hormone to a certain point, about 25 activity units with the assay method she used, and any additional increase in hormone concentration evoked no further response. She then suggested that there is a physiological limit to the response to this hormone whereby very high concentrations could not be assayed directly. However, recently in our laboratory we found (Fig. 2) that a hormone preparation obtained by extracting eyestalks of the fiddler crab, *Uca pugilator*, with absolute ethyl alcohol evoked at higher concentrations a much larger response than obtained when eyestalks were extracted directly in physiological saline [12, 13]. At the highest concentration used the alcohol extract caused more than three times the maximum response evoked by the aqueous extracts. The dosage-response curves for aqueous extracts were nearly flat in the concentration range where Sandeen worked, thus accounting for her impression that there is a physiological limit to the response of the melanophores at least in this species of fiddler crab. Experiments are now being conducted in this laboratory to determine why the preparations prepared by first extracting the tissues in alcohol are so much more active at higher concentrations than are extracts prepared directly in saline.

Evidence for a melanin-concentrating hormone has been more difficult to obtain because no extract that has been prepared by trituration of any tissue has resulted in more melanin concentration than is caused by saline alone following injection into dark animals. However, a number of investigators had postulated the existence of a melanin-concentrating hormone because the results of their experiments could be explained more simply by assuming that blanching was due to such a substance rather than to the disappearance of melanin-dispersing hormone from the blood. For example, Webb, Bennett, and Brown [14] found that dilute extracts of eyestalks were more effective in dispersing the melanin of eyestalkless crabs during the daytime than at night. In order to explain this observation they postulated a daily rhythm of melanin-concentrating hormone whereby more of the hormone was in the blood at night than by day. This rhythm of melanin-concentrating hormone is in keeping with the daily rhythm of melanin migration whereby the pigment is more dispersed during the daytime than at night. The existence of a melanin-concentrating hormone was established in two ways. After dark legs are removed from a crab the melanin in these isolated legs slowly concentrates. A melanin-concentrating substance would hasten this process and a melanin-dispersing substance hinder it. Blood from pale crabs

was perfused through isolated legs and it was indeed found that these legs became paler than the control appendages [15]. More recently, extracts of the circumesophageal connectives were subjected to filter paper electrophoresis and then similarly assayed on isolated dark legs. Elution of portions of the filter paper strip revealed the presence of

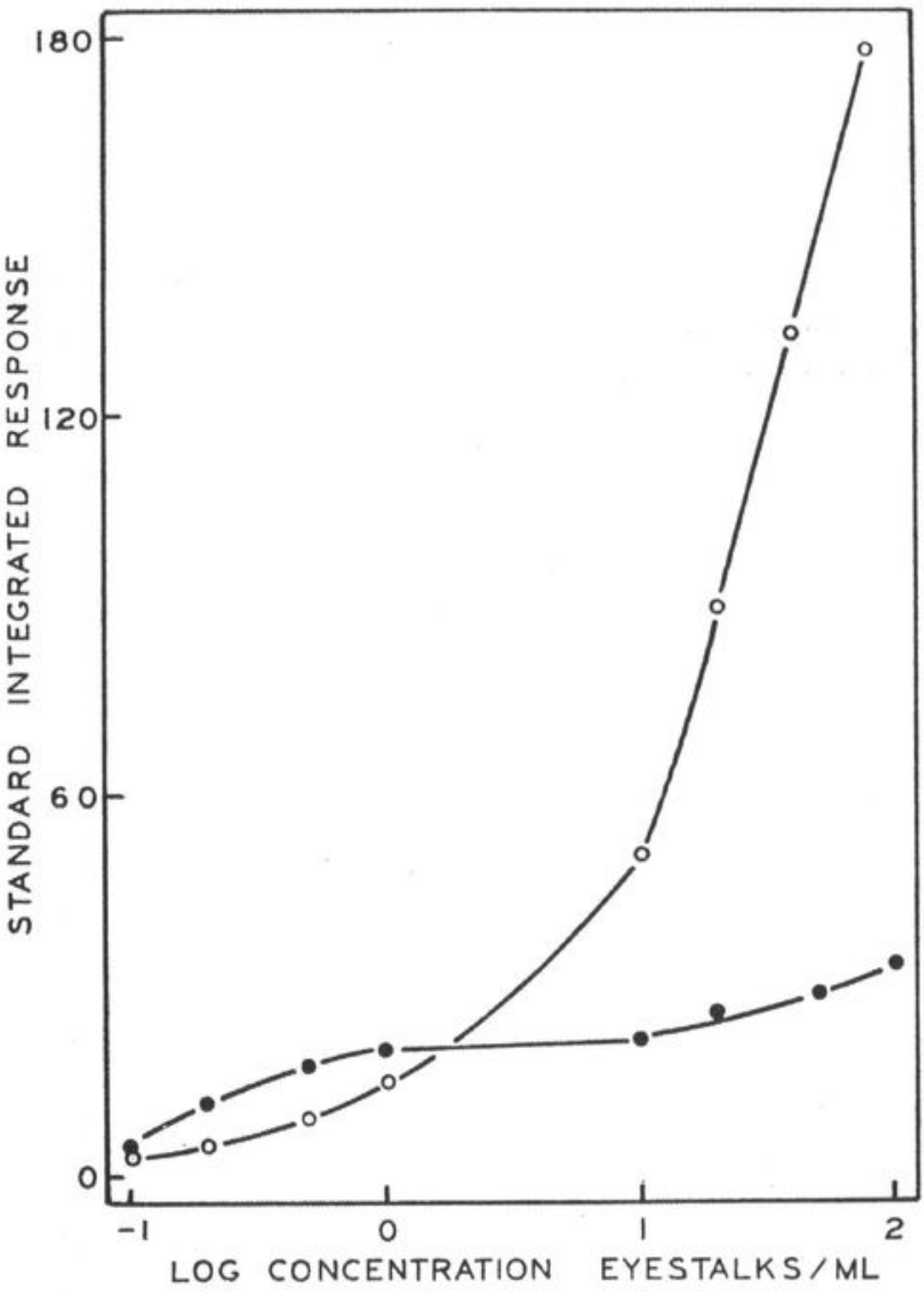


Figure 2.

Relationships between the standard integrated response (melanin-dispersing activity) to eyestalks from *Uca pugilator* extracted directly in saline (dots) and in ethyl alcohol (circles) and the concentration in eyestalks per milliliter. The dose was 0.05 ml. The alcohol was allowed to evaporate at room temperature after which the residue was suspended in saline.

Relations entre la réponse intégrée standard (activité dispersant la mélanine) aux pédoncules de Uca pugilator *extraits directement dans l'eau physiologique (traits) et dans l'alcool éthylique (cercles) et la concentration dans les pédoncules par millilitre. La dose était de 0,05 ml. On laissa l'alcool s'évaporer à la température ambiante, après quoi le résidu fut mis en suspension dans la solution isotonique.*

both the melanin-dispersing and the melanin-concentrating substances (Fig. 3).

In eyestalkless fiddler crabs the red pigment is concentrated, just as is the melanin. The sinus glands and the central nervous system contain two substances that activate the red pigment, one concentrates it and the other disperses it. The white pigment, on the other hand, in eyestalkless fiddler crabs from Woods Hole uniformly becomes maximally dispersed. In contrast, in eyestalkless Panacea crabs

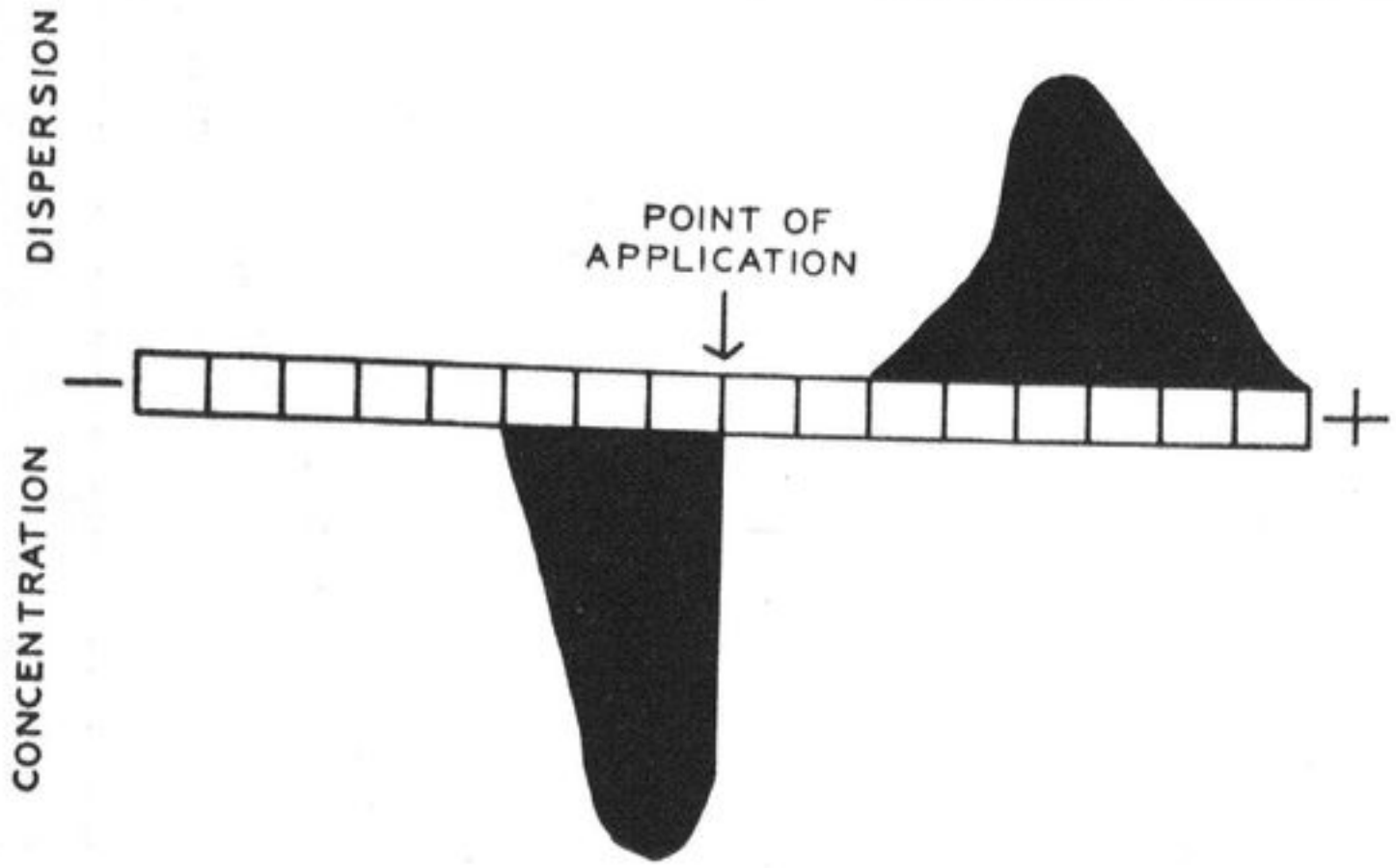


Figure 3.

Electrophorogram of circumesophageal connectives of *Uca pugilator*. The assays were performed on isolated walking legs that initially possessed maximally dispersed melanin in order to reveal the presence of both the melanin-dispersing and melanin-concentrating hormones. Borate buffer, pH 7.5. The migration distance is in centimeters.

*Electrophorégramme des connectifs circumoesophagiens d'*Uca pugilator. *Les titrages ont été effectués sur des pattes locomotrices isolées, qui à l'origine avaient leur mélanine dispersée au maximum, afin de révéler la présence à la fois des hormones dispersant et concentrant la mélanine. Tampon borate, pH 7,5. La distance de migration est en centimètres.*

the white pigment may be found in all stages from maximally dispersed to maximally concentrated. Using eyestalkless Woods Hole crabs, Sandeen [11] found a white pigment-concentrating hormone. A series of experiments utilizing *Uca pugilator* collected in Panacea, Florida was designed recently to determine whether this crab does in fact possess both pigment-concentrating and pigment-dispersing substances for the white pigment as has been found for the melanin and the red pigment [7]. The white pigment-concentrating hormone was assayed for on eyestalkless individuals whose white pigment was maximally dispersed. The assay for a white pigment-dispersing substance was feasible because in Panacea crabs in contrast to Woods Hole crabs, as noted above, the white pigment becomes maximally concentrated after the crabs have been exposed to a black background. Extracts of the sinus glands, optic ganglia, supraesophageal ganglia, and thoracic ganglia prepared directly in physiological saline evoked only dispersion

of the white pigment. The circumesophageal connectives, on the other hand, caused only concentration of this pigment. Acetone fractionation of these tissues revealed that the circumesophageal connectives contained only this one substance whereas the others contained both; the acetone-soluble fraction caused concentration of the white pigment whereas the acetone-insoluble fraction contained the white pigment-dispersing material.

The problem that immediately arises in view of the demonstrated existence of pigment-dispersing and pigment-concentrating substances for each of these three types of chromatophores is whether each has its own pair of antagonistically functioning hormones or whether, for example, the melanin-dispersing hormone and the red pigment-dispersing hormone are one and the same substance. It is highly unlikely that the melanin-dispersing and white pigment-dispersing hormones are in fact a single substance because, as stated above, the circumesophageal connectives gave no indication of having the white pigment-dispersing hormone [7] but they do contain the melanin-dispersing hormone [11]. Sandeen [11] had concluded from her study that a large quantity of melanin-dispersing hormone decreased the expression of the white pigment-concentrating hormone. As a result of experiments in which extracts consisting of combinations of melanin-dispersing hormone, white pigment-dispersing hormone, and white pigment-concentrating hormone were assayed we [7] have concluded that a more likely explanation of the decreased response to white pigment-concentrating hormone that Sandeen observed when a large quantity of melanin-dispersing hormone was present is that the antagonism is between the white pigment-concentrating and the white pigment-dispersing substance. Sandeen, of course, did not know of the existence of the white pigment-dispersing hormone. The relationship she observed between the amount of white pigment concentration and the amount of melanin-dispersing hormone in the extract was apparently merely a coincidence.

The possible identity of the melanin-dispersing and red pigment-dispersing hormones has also been examined, and they are different substances [16]. The question was answered clearly by passing extracts of eyestalks from *Uca pugilator* through columns of Sephadex G-25 gel and testing the fractions for melanin-dispersing, red pigment-dispersing, and red pigment-concentrating substances. Fractions were obtained that contained a large quantity of the melanin-dispersing substance and virtually none of the red pigment-dispersing material. The assay for red pigment-concentrating hormone was performed to learn whether the low response to the red pigment-dispersing hormone was due perhaps not to absence of the latter but to a large quantity of red pigment-concentrating hormone that might have antagonized it and reduced its expression. When the responses to the red pigment-

concentrating hormone were compared with standard dosage-response curves it was clear that antagonism was not the explanation. An unfractionated eyestalk extract can produce large responses to both the red pigment-dispersing and red pigment-concentrating hormones in the corresponding appropriate assay animals. The assay for red pigment-dispersing hormone is performed on eyestalkless crabs having maximally concentrated red pigment whereas the assay for red pigment-concentrating hormone is performed on intact crabs whose red pigment is maximally dispersed.

Although it had been known for a number of years that extracts of chromatophorotropin-containing tissues from the prawn, *Palaemonetes vulgaris*, and from the fiddler crab, *Uca pugilator*, contained a melanin-dispersing substance for the fiddler crab (*Palaemonetes* lacks melanophores) and a red pigment-concentrating hormone for *Palaemonetes*, only recently has a study been performed [16] to determine whether or not the substances that concentrate and disperse the red pigment in *Uca* are the same as those that occur in *Palaemonetes* which also is known to have both substances at least for its own red chromatophores. It was not even known whether the hormones from *Palaemonetes* would activate the red pigment of *Uca*. Assays of a number of tissues from both species on each other soon revealed that although both the crab and the prawn did possess substances that disperse the melanin in *Uca*, disperse the red pigment in both species, and concentrate the red pigment in both species, the substance present in an extract prepared from organs of either species that was effective in either concentrating or dispersing the red pigment of the prawn was different from the substance in the same extract which had the same qualitative effect on the red pigment of the crab (Table I). With respect to the extracts prepared from tissues of *Palaemonetes* the tritocerebral commissure causes no dispersion of the red pigment in either species whereas an extract of the sinus gland has virtually no ability to disperse the red pigment of *Palaemonetes* but has a strong effect in *Uca*. We could

Table I.

Chromatophorotropic activity values of freshly prepared extracts. PRPCH, *Palaemonetes* red pigment-concentrating hormone; PRPDH, *Palaemonetes* red pigment-dispersing hormone; URPCH, *Uca* red pigment-concentrating hormone; URPDH, *Uca* red pigment-dispersing hormone; UMDH, *Uca* melanin-dispersing hormone.

Donor species and extracts used	*PRPCH*	*PRPDH*	*URPCH*	*URPDH*	*UMDH*
Palaemonetes vulgaris					
Sinus glands	14.9	0.3	9.2	15.4	24.7
Supraesophageal ganglia	6.2	4.9	10.7	4.8	10.0
Tritocerebral commissures	12.5	0.0	18.1	0.0	5.2
Abdominal nerve cords	0.4	6.1	9.2	5.2	13.9
Uca pugilator					
Sinus glands	19.6	1.4	9.4	11.6	25.2
Optic ganglia	16.6	1.3	4.4	21.8	25.0
Supraesophageal ganglia	7.1	4.7	4.5	9.0	15.8
Circumesophageal connectives	1.9	3.1	8.2	1.4	4.1
Thoracic ganglia	6.6	6.9	12.5	11.6	11.6

conclude from these observations that the substance that dispersed the red pigment in *Uca* can not be the red pigment-dispersing hormone for *Palaemonetes* itself. Likewise, the extract of the abdominal nerve cord from *Palaemonetes* produced more dispersion of the red pigment in *Palaemonetes* than did any other of its tissues, but it was only about one-third as effective in dispersing the red pigment of *Uca* as were the sinus glands of *Palaemonetes* which, as stated, had virtually no red pigment-dispersing effect on *Palaemonetes*. These differences were shown not to be due to different amounts of red pigment-concentrating hormone. Likewise the substance in tissues of *Palaemonetes* that concentrates its red pigment is not the same substance that it possesses that concentrates the red pigment of *Uca*. This is the only plausible explanation for the fact that in Table I the sinus glands are much more effective in concentrating the red pigment of *Palaemonetes* than is its abdominal cord but both tissues were equally effective in concentrating the red pigment of *Uca*.

The same conclusions are forced on us when we examine the data for tissues of *Uca* (Table I). With respect to dispersion of the red pigment it was found that extracts of the supraesophageal ganglia and circumesophageal connectives had similar dispersing effects on the red pigment of *Palaemonetes* but the supraesophageal ganglia were much more effective in dispersing the red pigment of *Uca* than were the circumesophageal connectives. With respect to concentration of the red pigment, extracts of the optic ganglia and supraesophageal ganglia had essentially the same effect on *Uca* but were significantly different when tested on *Palaemonetes*. Further examination of Table I reveals even more examples to support the conclusion that the substances in *Uca* that act on its own red pigment are different from those that act on the red pigment of *Palaemonetes* and that the same is true of the substances found in *Palaemonetes*.

RHYTHMS OF COLOR CHANGE. — As was mentioned in the introduction, the fiddler crab shows rhythms of color change that have attracted the attention of several workers, most notably F. A. Brown, Jr., and his students. However, the daily rhythm of color change whereby the chromatophoric pigments are more dispersed by day than at night was first described by Abramowitz [17].

Most of the observations on the rhythmical color change have pertained to the melanophores. One of the basic studies (for a complete set of references see [1, 2, 3]) was the demonstation that the frequency of the daily rhythm of color change is unaffected by temperature changes in the range of 6-26°C. However, the amplitude was affected being diminished at the lower temperatures. The daily rhythm can readily be phase shifted by appropriate light stimuli. For example,

reversal of the rhythm is accomplished by keeping the crabs in reversed illumination, in darkness by day and illuminated by night, for about one week.

Webb, Bennett, and Brown [14], as mentioned earlier, found that eyestalkless fiddler crabs were more responsive by day than at night, to an extract containing melanin-dispersing hormone and postulated that their finding was due to the release of melanin-concentrating hormone into the blood at night when the daily rhythm in intact crabs would be calling for melanin concentration. This hypothesis was tested [10] by taking eyestalkless Woods Hole fiddler crabs whose melanin appeared to be permanently maximally concentrated and implanting sinus glands into the body to determine whether supplying melanin-dispersing hormone would result in the reappearance of the rhythm as the melanin-dispersing hormone slowly diffused from the implanted glands and was antagonized by the presumably fluctuating titer of melanin-concentrating hormone. The melanin of the eyestalkless crabs did become dispersed during the day, then blanched during the night, and redispersed the following day. The observations not only supported the hypothesis of Webb, Bennett, and Brown but also showed that the daily rhythm of melanin dispersion could be restored in eyestalkless individuals. The melanin-concentrating hormone most likely was released from the post-commissural organs in these eyestalkless crabs, the remaining neurohemal organ known to contain chromatophorotropins.

There is suggestion in the literature that at least occasionally the melanin of eyestalkless crabs shows a low amplitude periodic fluctuation whereas typically the melanin of eyestalkless fiddler crabs remains permanently maximally concentrated, but no supporting data had been published. In an effort to clarify the question, the problem was recently explored in depth with *Uca pugilator* from Florida [18]. Eyestalkless fiddler crabs did indeed display a daily rhythm of color change at least during some, but not all, periods of the year. Groups of crabs were received in the laboratory, their eyestalks removed, and their chromatophores observed at roughly one month intervals for the period October 1963 through January 1965. Statistically significant rhythms were observed during October, November, and December 1963 and January, February, April, June, September, October, and November 1964. However, the rhythm in eyestalkless crabs did not persist, contrary to the situation in intact crabs. After three days the melanin of eyestalkless became progressively more concentrated with the result that by the eighth day the melanin remained concentrated at all times of day. Further investigation is needed to determine why such a rhythm does not always occur when the eyestalks are first removed.

Individually isolated crabs were used for observations in October, November, and December 1963. This procedure allowed a detailed

analysis of the data for single crabs throughout the daily period of observation. The rhythm in individual crabs is circadian. The average period for the intact crabs exposed to constant illumination was 23.8 hours and 23.3 for the eyestalkless crabs. The difference between these means was, however, not statistically significant ($p = 0.1$). Quite interesting was the discovery that the number of cycles observed among intact crabs that had a 24-hour period was at least twice as great as the number with any other period, but among the eyestalkless crabs 23-hour and 24-hour periods were equally common. Apparently removal of the eyestalks resulted in a decrease in the precision of the rhythm among individual crabs although the average for the eyestalkless population showed the statistically insignificant deviation of only 0.5 hour from the intact group.

Another interesting observation that emerged is that the time of day the eyestalks were removed had a subsequent effect on the amplitude of the rhythm. The daily fluctuation of the melanin was greater in crabs whose eyestalks had been removed at noon than at midnight (Fig. 4).

Fiddler crabs also show a tidal rhythm of color change that is super-imposed on the daily cycle and is evidenced by supplementary melanin dispersion during the daytime 1-3 hours after low tide in fiddler crabs living on a beach with semidiurnal tides [19]. In fiddler crabs living on a beach with diurnal tides the supplementary dispersion occurs in association with both the low and high tides. A semilunar rhythm is also apparent when one analyzes the daily patterns of pigment dispersion because of the interaction of the 24-hour and tidal (12.4 hour) rhythms. Only once every 14.8 days do these two rhythms repeat the same phase relation with each other (Fig. 5).

Phase differences between the tidal rhythms of fiddler crabs collected from restricted sets of burrows in different regions of the intertidal zone have been observed [20]. The phase difference agrees very closely with the time required for the receding water to pass from a particular set of burrows high on the beach to a group closer to the low tide mark. Crabs living near the high tide mark are free to emerge from their burrows and feed earlier in the day than are the crabs in burrows near the low tide mark. The time of supplemental tidal pigment dispersion occurs earlier in the day for crabs living near the high tide mark than for crabs whose burrows are lower on the beach. It appears then that the phase of the tidal rhythm relative to the daily rhythm is set primarily according to the time the area is uncovered by the receding water and not by the time of actual low tide on the beach.

PROBLEMS FOR FUTURE INVESTIGATION. — A number of basic problems concerning the color change process in crustaceans in general

and in fiddler crabs in particular remain to be resolved. At the cellular level are such relatively unexplored areas as the mechanism of pigment migration or how the pigment actually moves, the source of energy for the migration (ATP?), and whether energy is needed for both dispersion and concentration of the pigment or for only one of the processes. The chromatophorotropins need to be purified and characterized chemically. The mechanism of action of the chromatophorotropins needs elucidation. A monovalent cation such as sodium, po-

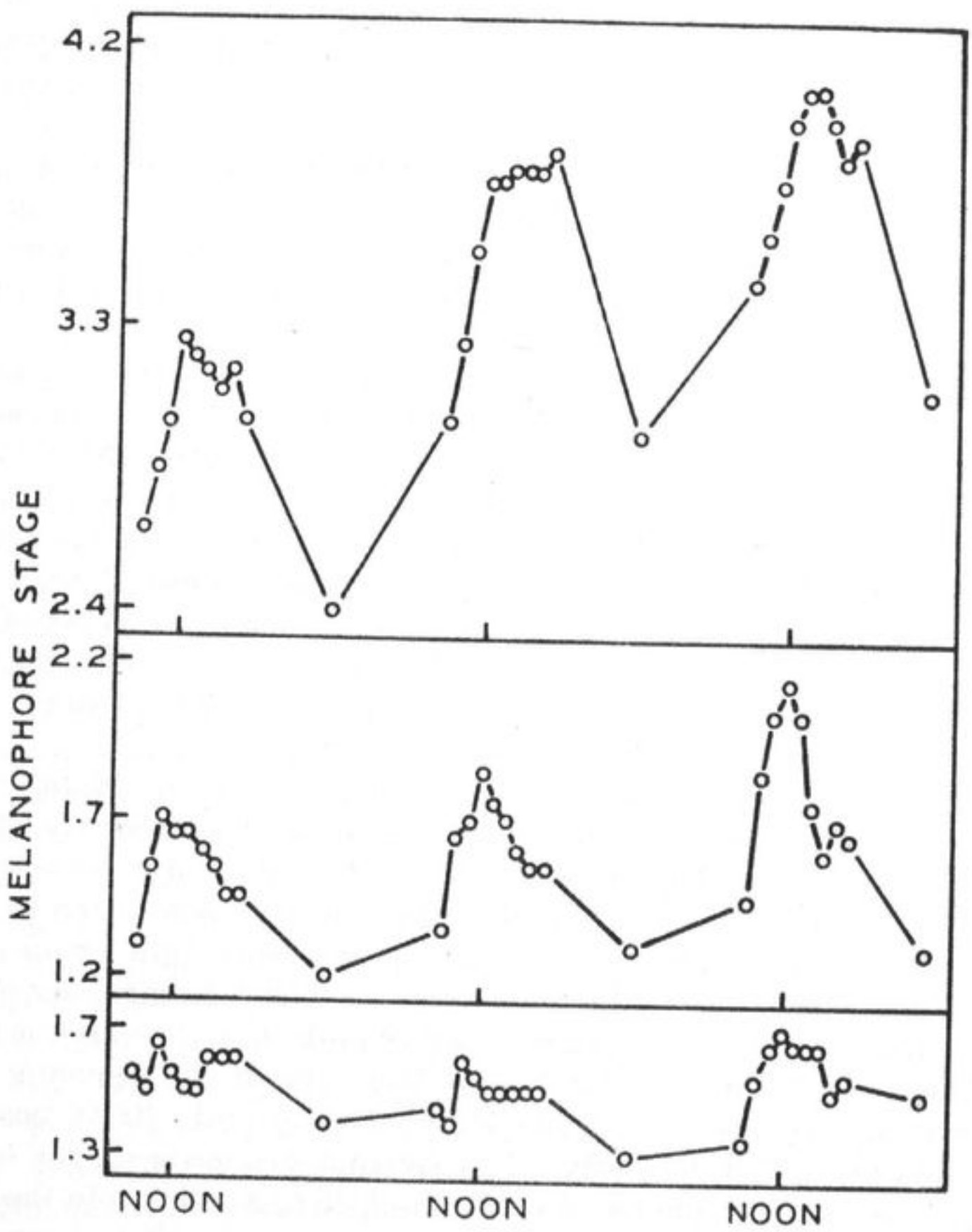


Figure 4.

Relationships between the mean melanophore stage and time of day. Top, intact crabs; middle, crabs whose eyestalks had been removed at noon on the day previous to beginning the observations; bottom, crabs whose eyestalks had been removed at midnight before the start of the observations.

Rapports entre le stade moyen du mélanophore et le moment du jour. En haut, crabes intacts; au milieu, crabes dont les pédoncules avaient été excisés à midi le jour précédent le début des observations; en bas, crabes dont les pédoncules avaient été enlevés à minuit avant le départ des observations.

tassium, or lithium is necessary for the maximal response of the melanophores to the melanin-dispersing hormone [21]. This observation leads one in view of the studies of axons to consider the possibility that these substances exert their action on the cell membrane and the response is then initiated as the result of ion fluxes. The mechanism whereby the biological clock of the fiddler crab is able to mark off with such remarkable precision daily and tidal periods is still a matter

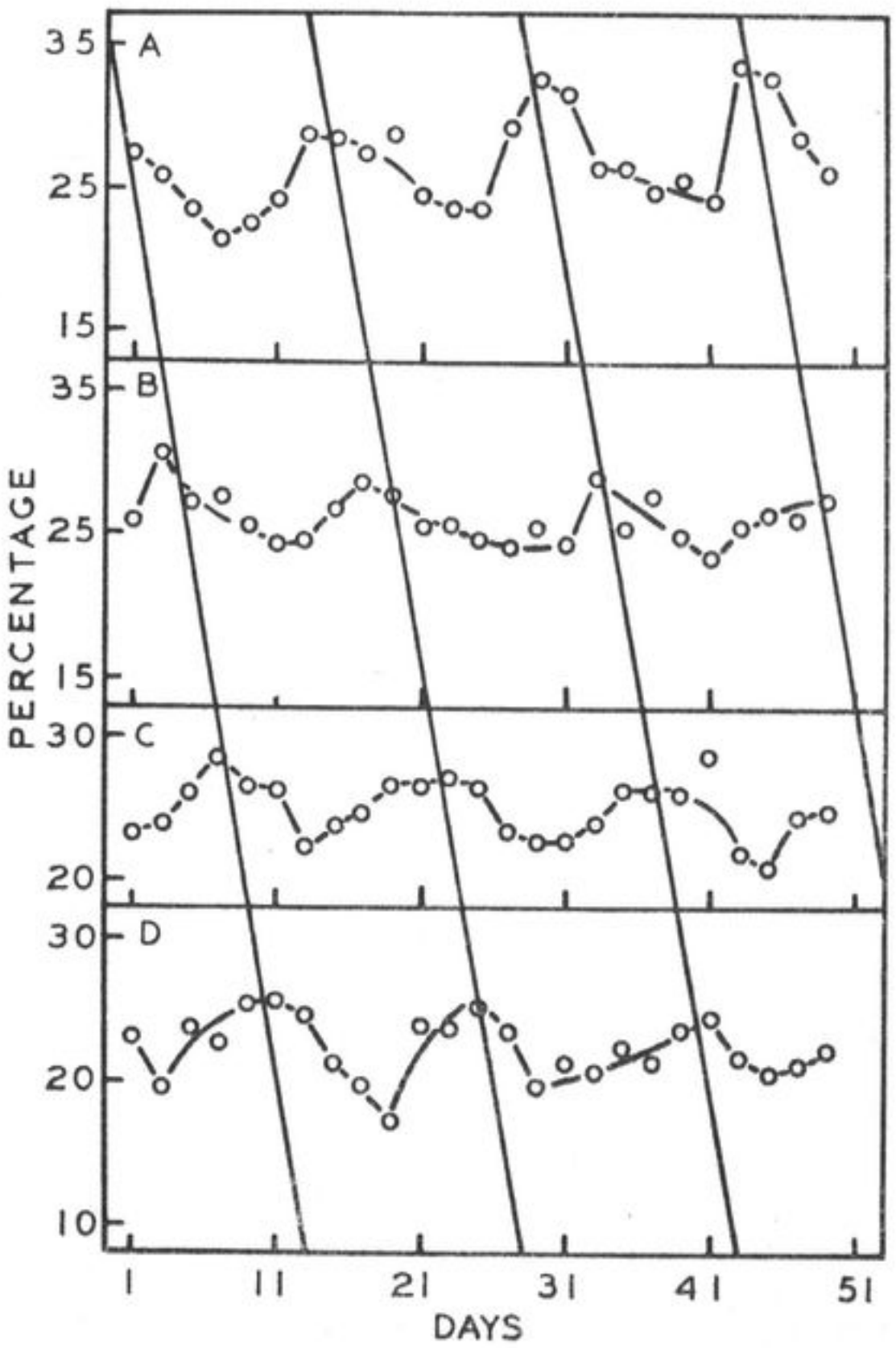


Figure 5.

Relationships between the percentage of the daily melanin dispersion of *Uca pugilator* occurring at each of four periods during the day and the day of the month. A, 8-10 A.M.; B, 11 A.M. - 1 P.M.; C, 2-4 P.M.; D, 5-7 P.M. Note the tidal maxima passing over the daily periods at the tidal rate of approximately 50 minutes per day. There is also a 14.8 day cycle, the interval between each of the parallel diagonal lines.

*Relations entre le pourcentage de la dispersion journalière de la mélanine d'*Uca pugilator *se produisant à chacune des quatre périodes durant la journée et le jour du mois. A, 8-10 matin; B, 11 matin. - 1 après-midi; C, 2-4 ap-midi; D, 5-7 ap.-midi. Remarquer les maxima de marée passant sur les périodes diurnes à la vitesse de marée d'approximativement 50 minutes par jour. Il y a aussi un cycle de 14,8 jours, l'intervalle entre chacune des lignes diagonales parallèles.*

for considerable investigation. A very intersting insight into the problem was obtained when crabs were shipped within a 24-hour period from Woods Hole, Massachusetts, to Berkeley, California [22]. It was seen that the crabs in Berkeley showed no tendency to drift away from controls kept in Woods Hole during six days of observations, thereby demonstrating that the rhythm has at least an endogenous component. The demonstrated existence of different chromatophorotropins for the red pigment of *Uca* and *Palaemonetes* [16] emphasizes the need to chemically characterize these substances. At least, the pigment-dispersing hormones in the fiddler crab appear to be peptides. It is possible that crustacean chromatophorotropins evolved from a single peptide in the ancestral crustacean, but in the evolution of the peptides to their present state amino acid substitutions and additions occurred which imparted specificity of action. It will be interesting to learn, once the structures of the chromatophorotropins have been elucidated, just how much variation is required to impart such specificity.

New Orleans, Tulane University, Departement of Biology.

M. FINGERMAN

[1] The research of the author is supported by Grant GB-5236 from the National Science Foundation.

REFERENCES

[1] FINGERMAN M.: *Tidal rhythmicity in marine organisms.* Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol. 25 : 481-487, 1960.

[2] FINGERMAN M.: *The Control of Chromatophores.* New York, Pergamon, Macmillan, 1963.

[3] FINGERMAN M.: *Chromatophores.* Physiol. Revs. 45 : 296-339, 1965.

[4] BROWN F. A. JR.: *Studies on the physiology of Uca red chromatophores.* Biol. Bull. 98 : 218-226, 1950.

[5] BROWN F. A. JR. and M. N. HINES: *Modifications in the diurnal pigmentary rhythm of Uca effected by continuous illumination.* Physiol. Zool. 25 : 56-70, 1952.

[6] BROWN F. A. JR. and M. I. SANDEEN: *Responses of the chromatophores of the fiddler crab, Uca, to light and temperature.* Physiol. Zool. 21 : 361-371, 1948.

[7] RAO K. R., M. FINGERMAN and C. K. BARTELL: *Physiology of the white chromatophores in the fiddler crab, Uca pugilator.* Biol. Bull. 133 : 606-617, 1967.

[8] WILKENS J. L. and M. FINGERMAN: *Heat tolerance and temperature relationships of the fiddler crab, Uca pugilator, with reference to body coloration.* Biol. Bull. 128 : 133-141, 1965.

[9] CARLSON S. P.: *The color changes in Uca pugilator.* Proc. Nat. Acad. Sci. 21 : 549-551, 1935.

[10] FINGERMAN M.: *Neurosecretory control of pigmentary effectors in crustaceans.* Amer. Zool. 6 : 169-179, 1966.

[11] SANDEEN M. I.: *Chromatophorotropins in the central nervous system of Uca pugilator, with special reference to their origins and actions.* Physiol. Zool. 23 : 337-352, 1950.

[12] FINGERMAN M., K. R. RAO and C. K. BARTELL: *Is there a physiological limit to the response in Uca to the melanin-dispersing hormone?* Biol. Bull. 133 : 448, 1967.

[13] RAO K. R., C. K. BARTELL and M. FINGERMAN: *Relationship between the response of melanophores in the fiddler crab, Uca pugilator, and the concentration of eyestalk extract.* Zeit. vergl. Physiol. 56 : 232-236, 1967.

[14] WEBB H. M., M. F. BENNETT and F. A. BROWN JR.: *A persistent diurnal rhythm of chromatophoric response in eyestalkless Uca pugilator.* Biol. Bull. 106 : 371-377, 1954.

[15] FINGERMAN M.: *Black pigment concentrating factor in the fiddler crab.* Science. 123 : 585-586, 1956.

[16] FINGERMAN M. and E. F. COUCH: *Differentiation of chromatophorotropins from the prawn, Palaemonetes vulgaris, and the fiddler crab, Uca pugilator.* Jour. Exper. Zool. 165 : 183-194, 1967.

[17] ABRAMOWITZ A. A.: *The chromatophorotropic hormone of the Crustacea: standardization, properties and physiology of the eye-stalk glands.* Biol. Bull. 72 : 344-365, 1937.

[18] FINGERMAN M. and Y. YAMAMOTO: *Daily rhythm of melanophoric pigment migration in eyestalkless fiddler crabs, Uca pugilator.* (Bosc.). Crustaceana. 12 : 303-319, 1967.

[19] BROWN F. A. JR., M. FINGERMAN, M. I. SANDEEN and H. M. WEBB: *Persistent diurnal and tidal rhythms of color change in the fiddler crab, Uca pugnax.* Jour. Exper. Zool. 123 : 29-60, 1953.

[20] FINGERMAN M., M. E. LOWE and W. C. MOBBERLY JR.: *Environmental factors involved in setting the phases of tidal rhythm of color change in the fiddler crabs Uca pugilator and Uca minax.* Limnol. and Oceanog. 3 : 271-282, 1958.

[21 FINGERMAN M., M. MIYAWAKI and C. OGURO: *Effects of osmotic pressure and cations on the response of the melanophores in the fiddler crab, Uca pugnax, to the melanin-dispersing principle from the sinus gland.* Gen. Comp. Endocrinol. 3 : 496-504, 1963.

[22] BROWN F. A. JR., H. M. WEBB and M. F. BENNETT: *Proof for an endogenous component in persistent solar and lunar rhythmicity in organisms.* Proc. Nat. Acad. Sci. 41 : 93-100, 1955.

THE CONCEPT OF PROGRESS IN EVOLUTION

The words « progress » and « progressive », as well as similar expressions: « advancement », « improvement », « differentiated », « evolved », etc. are at present used in two different senses. The first attempts to formulate a goal for evolutionary process (usually survival, multiplication and diversification), while the second regards every change in structure and function from the original pattern as an improvement. The author tries to prove that the first concept is sterile because it is rooted in old teleological thinking. The present theories of evolution must indeed regard every change as progressive. It is therefore recommended to use the discussed terms only in their second sense. For the concepts embodied in the first sense of the word, the expressions « successful » and « unsuccessful evolution » are more appropriate.

The term progress in the commonly accepted meaning of the word contains an element of value. Progress usually signifies a movement toward a predetermined goal. In the social sciences it is usually assumed that the goal consists in a successive perfection of the mastering and exploitation of the environment in which humanity lives.

But neither have the organisms not their evolution any goal. We cannot discuss here the old problem of purposive in the structure and function of organisms. Let us repeat once more that they are adapted to their environment not because they have been designed so as to succeed, but because they are linked by heredity to their ancestors, and among those ancestors only the best adapted individuals were able to propagate their kind. If it is agreed, however, that progress is a movement toward a goal, and simultaneously it is stated that the evolution has no goal, then one must arrive at the conclusion that the term progress has no meaning in biology. In consequence such expressions as « a progressive group », « a conservative group » etc., are sometimes condemned as unscientific.

In an effort to avoid the term progress and progressive, many authors use other expressions, as for instance « general improvement », « advancement », or « advanced », « differentiated », « evolved », « specialized », etc. The exact meaning of these terms is usually not defined, but it is possible to see from the context that they are used as synonyms of « progress » and « progressive ». Such an evasion does not help to solve the problem whether the concept of progress can be applied in evolutionary thought. We observe, however, that it is constantly used in textbooks and in original research papers. Is employment is advantageous as it leads to the formulation of hypotheses which are often confirmed later by research. So for instance it is stated that fishes belonging to progressive systematic units have a closed air bladder, thin, cycloidal or ctenoidal overlapping scales,

stiff fin-rays, a homocercal tail fin, very mobile jaws, arranged in such a way that the opening of the mouth creates a sucking force, etc. If a fragment of fossil fish is found, having a homocercal tail fin and thin ctenoidal scales it can be assumed that this animal had mobile jaws, a closed air bladder etc.

The importance of the classification of features as progressive and conservative was stressed by Carter (1954), who writes that, for taxonomic considerations, « the characters of an organism that on other grounds we believe primitive in its group are of more value than those of later evolved or more specialized animals ».

It seems important therefore to examine the sense in which the terms « progress » and « progressive » are used by biologists in order to clarify the reasons for a definition which could be accepted by the majority if not by all students of evolution.

Let us start with the easier problem which consists in defining the progress in the structure and function of a single organ. There are usually no differences of opinion that, e.g., the ability of the nephric tubule actively to excrete the waste products of metabolism into the primitive urine is a progressive character in sea-fishes, which leads in its extreme development to aglomerular kidneys. Similarly the presence of an air bladder in fishes is progressive, also progressive is the ability to secrete the gases to the bladder by the gaseous gland without the necessity to ascend to the water surface for refilling it with atmospheric air. There are of course some possible complications even here. Some deep-sea fishes, some benthic forms, and some species living in swift streams have no air bladder, and in these cases the loss of the bladder is progressive, as it is a result of adaptation to the particular environment and it constitutes a change in the original pattern. Nevertheless there are usually no important differences of opinion concerning the progressive or conservative character of a single structure in a particular case.

A much more difficult problem arises when the attempt is made to characterize whole organisms as progressive or not. It is obviously impossible to examine many different structures of an organism, to mark them as progressive or not, and then to take some average value as the overall position of the organism. The difficulty stems from the fact that usually a progress in one function or structure is accompanied by a regression in another. So for instance the respiratory function of the amphibian skin is improved if compared with the fish skin but its function in isolating the organism from the environmental factors is impaired. The hind limbs of Anura are progressive, but the tail is in complete regression. The advancement in the structure and function of the tongue in Anura is accompanied by a decrease or even a complete absence of teeth, and so on. Even parasites, in which many characters are obviously degenerative, compensate by development

of other traits which must be regarded as highly progressive. Parasites are usually extremely fertile, they have the ability to live in very peculiar environments, they can successfully cope with the defence reactions of their hosts, etc. I for one am inclined to regard parasites as very progressive forms.

There are many various definitions of evolutionary progress in the literature. It is possible to classify them into two major groups. The first one tries to retain as much as possible from the usual meaning of the word progress, as a striving toward a goal, and looks only for some acceptable substitute for the term « goal ». Here belong the definitions of Severtzoff (1931), Schmalhausen (1947), Simpson (1950), Thoday (1958), etc.

The second group rejects the usual meaning of the term and simply accepts every change in the organism as progressive. Thus, for instance, Ehrlich and Holm (1963, p. 272) write that « the comparison of primitive and specialized here implies no judgment of quality; two groups are compared as to the amount that they presumably have changed from the base line of their most recent common ancestor. Thus crocodiles are more primitive than birds ».

Let us recall some definitions belonging to the first group. Schmalhausen (1947) writes that in order to decide which of the two systematic units is more progressive we should compare three features:
1) The number of inferior systematic groups belonging to both units (of species if we compare two different genera, of genera if two families are compared, etc.).
2) The variety of environments in which the animals belonging to the respective groups are able to live.
3) The abundance of branches which were given off by the units during the geological history. This last criterion can be used only with groups possessing a sufficiently abundant geological record.

Simpson (1950) formulates no precise definition of evolutionary progress, but his context does not greatly differ from Schmalhausen's ideas. He writes that the general progressive changes consist in « a tendency for life to expand, to fill in all the available spaces in the livable environments... » and a little below « ... the general expansion may be considered in terms of the number of individual organisms, of the total bulk of living tissue, of the gross turnover, metabolism of substance and energy. It involves all three, and increase in any one is an aspect of progress in this broadest sense ».

Other examples of a similar line of reasoning can be found in articles by Thoday (1958), Olson (1963) and Schaeffer (1965). Thoday accepts Spencer's idea that progress is an increase in fitness and, after discussing the concept of fitness, writes that: « the fit are those who fit their existing environments and whose descendants will fit future environments ». To Olson a progressive group is one which passed

through a period of adaptive radiation, and Schaeffer defines the « biological improvement » as « a change in, or refinement of, homeostasis », although he is of the opinion that « improvement in the total integrated organism is practically impossible to measure ».

Considering this agreement among different biologists it may appear strange that Ehrlich and Holm (1963) give a definition which is based on a very different point of view, especially as Simpson (1950) strongly protested against a similar possibility writing: « it is a childish idea... ...that change *is* progress... ...we must define progress... ...as a movement in a direction from (in some sonse) worse to better, lower to higher, or imperfect to more nearly perfect ». Ehrlich and Holm give no reasons for their position. It is the aim of this article to demonstrate that their definition in reality conforms to the intuitions and usages of the majority of contemporary biologists. For brevity, the expressions « the first concept » and the « second concept » will be used below.

Before passing to examples, let us discuss briefly the causes of simultaneous existence among present organisms of progressive and conservative forms.

Natural selection probably rarely acts on a number of different traits of a species with a uniform intensity. In every situation the selection in respect to one character is much more important than in respect to others. Hence sometimes the chance for survival depends primarily on resistance to heat, or cold, in others on the ability to find and use economically the scanty food, in still others on resistance to parasites and disease, etc. Many insects never lack suitable food, for some birds the limiting factor consists in the amount of suitable nesting sites. For instance the European swift is limited by the availability of nesting sites and the abundance of its only food, the aerial plankton. An example of an extremely strong selective force is given by the influence of myxomatosis on the Australian feral rabbit. An individual possessing a resistance to this disease will survive and will propagate even if in other features as, e.g., in the ability to run, or to utilize the food, it is inferior to the mean of the population.

In consequence a strong selection in respect to some features changes the general gene pool of the population in several ways. First, the genes which favour the strong development of selected feature are made more numerous, second, some genes, even disadvantageous in the usual environment, are not subject to a negative selection, third, the reduction in the number of specimens causes a genetic drift by which some genes irrelevant to the particular feature are lost, while the frequency of others is increased. King (1965) reports the result of experiments which demonstrate that « as selection produces a shift in the mean of one character the system as a whole reacts... ...adaptedness declines, sterility increases, fecundity goes down ».

It is commonly understood that some adaptive trends can be mutually exclusive, or competitive, as they demand antagonistic changes in the organism. So, for instance, a water bird cannot simultaneously perfect the ability for soaring flight, which demands large wings, and the ability to dive, in which large wings constitute a hindrance. A herbivorous mammal cannot adapt itself simultaneously to arboreal and steppe biotopes. But it is necessary to realize that even when no direct conflict occurs, the organism cannot improve several different features simultaneously, as the selection process itself creates an interference between different adaptive trends. Mayr expresses (1963) a similar thought in the following words: « obviously any drastic improvement under selection must seriously deplete the store of genetic variability ».

According to the nomenclature of Severtzoff (1931), two kinds of evolutionary improvements can be discerned: aromorphoses and idioadaptations. Aromorphoses are advantageous for the organism in various environments, idioadaptations are useful only in a particular ecological niche. Hence as typical aromorphoses we can quote the presence of hair cover and the complete partition of the heart in mammals, the permanent growth of teeth in rodents, or uricotelism in reptiles. Examples of idioadaptations are: the reduction of the eyes in moles, the loss of digits in ungulates, the ability to open the beak very wide in swifts and swallows, etc.

The acquisition of an aromorphosis increases the eurytopism of the species. It can now invade the marginal biotopes which were before inaccessible. A striking example was described by Terentev (1958). This scientist compared the geographical ranges of venomous and harmless snakes and found that the range of harmless species extends on the average over an area of 2.87 conventional units, while in the highly venomous species belonging to Proteroglypha the range covers on the average 5.35 units. This observation stresses that the geographical range of a species does not depend solely on the character of environment but also on the features of the organism which superficially have no relevance.

The development of an idioadaptation usually increases stenotopism. The mole deprived of sight is less vulnerable in his usual environment, as the eyes are possible sites of infection, but it is prevented from living outside its underground passages. The loss of side digits in the horse family increases speed, but it limits the possible ways of life.

Briggs (1966) demonstrated that the probability of a species acquiring an aromorphosis increases proportionally to the number of living specimens. The species with larger geographic ranges and more eurytopic in their ecological requirements have therefore a greater probability of developing further improvements than the stenotopic forms.

In this way the aromorphotic evolutionary process tends to be self-accelerating under the influence of a positive feedback. There is also a second reason for the self-accelerating character of the aromorphotic evolutionary process. An original aromorphosis can usually be further perfected and there is usually a strong selective pressure in this direction. Thus, for instance the ability to withstand the dilution of sea-water, or the ability to fly, or to climb the trees can be gradually perfected during long periods of time, removing the organism very far from its original ecological niche. Wahlert (1961) demonstrated how an original tendency to rest on the sea floor was perfected till the descendants assumed the structure and mode of life of flatfishes.

It is, however, necessary to remember that there is sometimes no clear difference between an idioadaptation and an aromorphosis. Idioadaptations of Crossopterygians to shallow water, often deprived of oxygen, turned into aromorphoses when their descendants left the water altogether. The idioadaptations for arboreal life in the ancestors of birds opened for them the way to the subsequent acquisition of flight, etc.

When a population enters a new environment the natural selection changes direction, and after a time induces a profound reconstruction of the general organisation of the body. The differences beween a bird and a reptile are a good example. On a stenotopic species the selection has mainly a stabilizing effect even when its structure is modified by successive idioadaptations. In consequence the general plan of the organism has no tendency to change. In this way two different modes of evolutionary process arise, the first, leading to a rapid succession of important changes in the structure and function of the organism, and the second, perfecting details without influencing the general plan of organization. If the results of these two processes are compared with the common ancestor it is observed that the number of features by which the descendants differ from the progenitor rises with the number of different environments in which the phylum lived during its history. Thus penguins are a highly modified (or progressive) group as their direct ancestors had the ability to fly, more distant ones were arboreal reptiles, those still more distant lived as amphibians in fresh-water swamps, and looking further backward we would see among the penguins' progenitors fresh water fishes and primitive marine chordates. Conversely recent Dipnoans and recent Elasmobranchii live in an environment in which their ancestors lived in Devonian, more than 300 millions of years ago. In consequence the majority of penguins characters are very different from those which were present in their Devonian ancestors, whereas a recent lungfish and a recent shark are rather similar to their distant progenitors. It is therefore incorrect to think with Salthe and Kaplan (1966) « that structural difference on a molecular level is a function of the length

of time two lines have been separated ». The amount of difference depends in the first place on the character of the evolutionary process which shaped the compared systematic units. If both processes were guided by idioadaptations and in consequence the animals remained in their original environment, the amount of differences will be small. Hence, the three genera of lungfishes have many common features although their geographical distribution suggests that they were separated a long time ago. A common ancestor of sparrows and penguins is probably less remote in time, but the different environments to which these two birds are adapted caused a great quantity of differences to accumulate.

Let us now turn back to the two concepts of biological progress. There are many instances when the two definitions give similar results. Thus, according to all biologists a snake, a bird, and a mammal are more progressive than an amphibian, and again a snake is less progressive than a bird. But there are instances where the two concepts give contradictory results. According to the first concept Rodentia are more advanced than Cetacea: they are more numerous, have invaded many different environments, etc. According to the second concept Cetacea are more progressive, as they differ more from ancestral primitive mammals. Another case is the comparison of the fish families Clupeidae or Salmonidae with Percidae. Clupeidae and Salmonidae are larger families according to the number of genera and to the number of living specimens, while Percidae are less numerous. But every ichthyologist will say that Clupeidae and Salmonidae are much more like primitive fishes and will therefore claim that they are much less progressive than Percidae. Thus François (1962) writes that the dorsal fin of Salmo is an example of primitive structure while the Acanthopterygian dorsal fin is progressive (he uses the term evolved « évolué »).

Portmann (1950) discusses the peculiar mode of parental care shown by birds belonging to Megapodidae and comes to the conclusion that this character is probably primitive as the family belongs to the order Galliformes, which have many primitive traits, especially in the structure of the brain. He is not interested whether Galliformes are at present a numerous group.

Zuckerkandl (1965) in an article in which he describes the haemoglobins of different vertebrates turns to the question which haemoglobins are primitive and which are modified. As we have no information about the structure of fossil haemoglobins, Zuckerkandl assumes that the only way is to assume that « it is unlikely that selective forces would favour stability of morphological characters without at the same time favoring the stability of biochemical characteristics which are more fundamental ». He is certainly correct, as a profound change in structure must result from an aromorphosis which permitted invasions of new ecological niches and it is very probable that new

modes of life also influenced and modified the biochemical features of the organism. Zuckerkandl does not use the term progress. It is nevertheless evident that his mode of reasoning complies better with the first than with the second concept of progress.

In a review concerning the structure of the vertebrate yolk Grodzinski (1966) tries to find what type of yolk is most primitive. In discussing several aspects of this problem he tacitly assumes that the yolk of animals which are considered primitive by morphologists (Myxine, Amia, Latimeria, Sphenodon) is also probably primitive. We have already noted the usage of the concept by François (1962). Ginsburg (1962) calls the fossil Tritylodonta a small but progressive group (évolué). This of course agrees with the second concept and is in sharp contrast to the first, according to which only a numerous and successful group can be called progressive.

Similar examples could be multiplied, while it would be much more difficult to find instances in which the first concept was fruitfully used in evolutionary reasoning. It seems to me that the first concept is of little use because it is based unconscionably on the false assumption that the evolution has a goal, which consists in multiplication and diversification. It is one of the last remnants of the old teleological thinking. Attempts to find and formulate a goal of evolution are futile and have no greater value than would have an attempt to describe the work of rivers and glaciers as a striving toward the levelling of continents.

The second concept is fruitful because it is in harmony with recent evolutionary theories, it clearly rejects purpose in evolution and it accepts the real mechanism of evolutionary process. It must be concluded that the concept of progress in evolution has drifted from its commonly accepted meaning to assume a new and different sense. If this fact is well remembered and accepted then many misunderstandings and unnecessary arguments will be avoided. The word progress should not be used in the sense of the first concept. When it is necessary to speak about evolutionary trends which led to the extinction or multiplication of phyla it is much better to follow the example of Briggs (1966) and to use the terms successful and unsuccessful evolution.

Kraków, Jagellonian University, Hoyer Department of Comparative Anatomy.

H. Szarski

REFERENCES

BRIGGS J. C. (1966). - *Zoogeography and evolution.* Evolution 20 : 282-289.

CARTER G. S. (1954). - *On Hadzis interpretation of animal phylogeny.* Syst. Zool. 3 : 163-173.

EHRLICH R. R. and R. W. HOLM (1963). - *The process of evolution.* McGraw-Hill Book Co., New York, San Francisco, Toronto, London. XVI + 347.

FRANÇOIS Y. (1962). - *La nageoire dorsale des Actinoptérygiens.* In: Problèmes act. Paléont. Paris, CNRS, 117-121.

GRODZIŃSKI Z. - *Zoltko kregowców.* Kosmos 15 : 345-359.

GINSBURG L. (1962). - *Les Tritylodontes.* In: Problèmes act. Paléont. Paris, CNRS, 187-191.

KING J. C. (1965). - *Genetic implications in the origin of higher levels of organization.* Syst. Zool. 14 : 249-258.

MAYR E. (1963). - *Animal species and evolution.* Harvard U. Press, Cambridge, VII + 797.

OLSON E. C. (1963). - *Evolution of higher levels.* Proceed. XVI Intern. Congr. Zool. 3 : 285-289.

PORTMANN A. (1950). - *Le développement post embryonnaire.* In: Traité de Zool. P.-P. Grassé, 15 : 521-535.

SALTHE S. N. and N. O. KAPLAN (1996). - *Immunology and rates of enzyme evolution in the amphibia in relation to the origin of certain taxa.* Evolution 20 : 603-616.

SCHAEFFER B. (1965). - *The role of experimentation in the origin of higher levels of organization.* Syst. Zool. 14 : 318-336.

SCHMALHAUSEN I. I. (1947). - *Osnovy sravnitelnoi anatomii.* Sovetskaia Nauka, Moskva, 540.

SEWERTZOFF, A. N. (1931). - *Morphologische Gesetzmässigkeiten der Evolution.* Jena, G. Fischer. XVI + 371.

SIMPSON G. G. (1950). - *The meaning of evolution, a study of the history of life and its significance for man.* Oxford U. Press, London, XVI + 364.

TERENTEV P. V. (1958). - *Razmery arealov.* In: Sbornik « Materialy Sov. Zoogeogr. Sushi ». Lvovskii Gos. Univ. 283-289.

THODAY J. M. (1958). - *Natural selection and biological progress.* In: A century of Darwin, Heinemann, London, Melbourne, Toronto.

WAHLERT G. V. (1961). - *Die Entstehung der Plattfische durch ökologischen Funktionswechsel.* Zool. Jb. Syst. 89 : 1-42.

ZUCKERKANDL E. (1965). - *The evolution of hemoglobin.* Scientific Amer. 212 5 : 110-118.

BIOCHEMICAL ASPECTS OF BRAIN SWELLING

Several types of cerebral swelling are now recognized. Edema induced by a variety of traumatic lesions is characterized by localized breakdown of blood-brain barrier and accumulation of edema fluid in the white matter. The sodium, potassium and protein content of this fluid indicate that it is derived from the circulating blood and is, in fact, very similar to plasma. Swelling of cerebral cortex tissue is minimal in this type of edema. Abnormal extracellular spaces have been demonstrated in the white matter in traumatically induced edema. Triethyltin intoxication produces cerebral swelling also involving mainly white matter but without affecting the permeability characteristics of cerebral tissues. In triethyltin edema the fluid accumulated in intramyelinic vacuoles which do not appear to be in equilibrium with the extracellular space of the tissue. Osmotically induced edema affects both cerebral cortex and white matter to the same extent. Electrolyte content of the tissue is not changed and blood-brain barrier remains intact. Pure hypoxia does not seem to produce cerebral swelling. Anoxic-ischemic lesions result in breakdown of blood-brain barrier, ultrastructural changes in cerebral capillaries and chemical changes similar to those associated with trumatic edema. Metabolic effects are probably superimposed on edematous changes in experimental cerebral infarction.

Cerebral edema, or brain swelling, is a complicating factor in many neurological conditions, traumatic brain injury and otherwise successful neurosurgery. Consequently, its recognition and treatment is of great practical importance to the clinician. The pathogenesis of cerebral edema is also of fundamental interest to the neuroscientist. An extensive, confusing literature on this subject dates back to more than 50 years. The confusion is due partly to a lack, in the past, of definitive and rigid criteria for establishing that edema is present and partly to the variety of experimental models of cerebral edema which have been used without the realization that the resultant changes in the volume of the brain are not necessarily caused by the same mechanism in each case. Until recently, there was a surprising lack of chemical studies in this field.

In the last decade careful experimental work by several groups of investigators using new or improved techniques has contributed significantly to a better understanding of the mechanisms involved in the production of cerebral edema although many questions remain unanswered. Biochemical studies have contributed as much to this new understanding as pioneering electron microscope observations and more recent experimental neuropathological studies.

In the present discussion the terms « edema » and « swelling » will be used interchangeably, although a case could be made for restricting the one to denote the accumulation of extracellular fluid and the other for changes in intracellular volume. Such a distinction is not justified at present in studies dealing with changes in volume

of cerebral tissues as our knowledge regarding the distribution of the excess fluid in brain is still incomplete.

The contents of the cranial cavity can be divided into three general compartments: the brain tissue, the cerebrospinal fluid and the blood. Variations in the size of any one of these compartments can produce compensatory changes in the volume of the others but only within narrow limits beyond which alterations in intracranial pressure occur. Thus, increased intracranial pressure can result from excessive dilatation of cerebral blood vessels in response to metabolic or respiratory acidosis, or from the accumulation of cerebrospinal fluid in the ventricles in cases of obstructive hydrocephalus, as well as from increases in actual brain tissue mass in the presence of tumor growth or swelling. It is clear that it may be misleading to assume that increased intracranial pressure necessarily indicates that edema is present. Yet many of the earlier studies on brain swelling and most of the clinical observations are based on just this assumption. The mechanisms by which increased intracranial pressure causes a variety of neurological signs and symptoms are not understood. It is quite evident, therefore, that the presence of signs and symptoms usually ascribed to cerebral edema is a most unreliable index of tissue swelling.

Since by definition edema is an increase in tissue fluid content resulting in an increase of tissue volume, the only definite criterion for its presence should be the demonstration of increased water content of the tissues involved. It is in this context that the biochemical approach to the study of brain swelling has been most fruitful.

Measurement of percentage dry weight, which is the reciprocal of percentage water content, of a tissue sample is the simplest method of establishing whether the tissue is edematous and of estimating the degree of swelling. Chemical analysis of the swollen tissue can provide information about the nature of edema fluid, for example its protein and electrolyte content, and therefore is vital to establishing the possible source of the fluid taken up by the tissue. Changes in tissue electrolyte content compatible with the uptake of a high-sodium, low-potassium fluid would indicate that the edema fluid is derived from the plasma. To what extent such fluid represents a plasma untrafiltrate can be ascertained from the ratio of serum protein to water in the edema fluid as compared to this ratio in the blood. Changes in water content of cerebral tissues not accompanied by changes in sodium and potassium would provide evidence for shifts of water containing no electrolytes, thus of fluid which is not a plasma filtrate.

In studies dealing with experimental conditions or therapeutic agents which may influence the development and/or the regression of traumatic cerebral edema, total changes in volume of the tissue occurring as a result of a given insult have been measured. In such experiments whole brains or hemispheres are analyzed rather than

representative tissue samples. The increase in total fresh weight of the tissue under these conditions represents the weight of the edema fluid or, assuming density of one, its volume.

Investigation of the blood-brain barrier phenomena forms an integral part of any study of cerebral swelling as striking differences in this respect have been observed, depending on the method used to induce the edema. In cases where the normal barrier to the passage from blood into the brain of a variety of substances is broken down or diminished, edema fluid can be labelled with a marker which is not normally present in the brain, and which does not normally penetrate into cerebral tissues. This can provide a sensitive method for quantitative estimation of the volume of tissue affected by edema and indicate the distribution of the fluid within the tissue.

Experimentally, swelling of cerebral tissues can be induced in a number of ways. Most common of these is the production of local injury to the tissue by freezing, stab wound, insertion of expandable pellets, implantation of neoplasm or inflation of a subdural balloon. Regardless of the type of trauma, the subsequent edematous changes are similar and appear to be the result of gross injury to the vascular elements in the tissue. For this reason, this type of edema has been referred to as traumatic or vasogenic. On the other hand, brain swelling induced by osmotic imbalance between blood and cerebral tissues, by certain toxic substances, e.g. triethyltin, or by interference with normal metabolic processes is, in each of these instances, a basically different phenomenon and each must be considered separately.

EDEMA INDUCED BY TRAUMA. — In our laboratory, freezing of a small area (5 x 10 mm) of cerebral cortex has been used very successfully to produce fairly uniform and reproducible localized swelling of cat brain. Our standard lesion is made in anaesthetized animals through a 15 mm burr hole by applying a metal rod cooled to —50°C. for 45 seconds to the exposed dura in the parietal area of the right cerebral hemisphere.

We found that within a short time after the lesion was made, the weight of the right, or experimental hemisphere, increased as compared to the left, or control hemisphere. In normal animals the average weights of the two hemispheres are the same. The rate of increase in weight of the traumatized hemisphere was rapid during the first 12 hours after the lesion, falling off thereafter. Forty-eight hours after the lesion was made, the average increase in the weight of the experimental hemisphere was equivalent to 8 percent of the left, or control hemisphere.

Chemical analysis of cerebral cortex tissue and of the white matter showed clearly that the bulk of the swelling fluid accumulated from

the very beginning in white matter. An increase in water content of white matter immediately underlying the lesion area, represented by a significant decrease of percent dry weight, was demonstrable within minutes after freezing. With time, the edema involved tissue at a distance from the lesion area, often spreading to adjacent sulci. However, the white matter of the control hemisphere was never involved. The average change in water content of white matter represented about 45 percent swelling of the affected tissue. The increase in the water content of white matter was always accompanied by a rise in sodium concentration and a fall in potassium concentration of the tissue. The correlation between the change in water on the one hand and the electrolytes on the other was statistically highly significant. These changes indicate that the fluid taken up by the white matter had a high sodium and low potassium concentration. This is compatible with the assumption that the edema fluid is derived from the circulating blood. In fact, it can be shown that the decrease of white matter potassium under these conditions reflects a dilution of potassium of the tissue by a fluid low in potassium without any net loss of this electrolyte from the edematous tissue.

In contrast to the findings in the white matter, in cerebral cortex tissue surrounding the area of the lesion and overlaying affected white matter only a very small decrease in percentage dry weight was found. It was equivalent to about 5% swelling of the affected tissue. There was also a rise in the sodium content and a decrease in the potassium content of cerebral cortex tissue. The latter represented a net loss of potassium from cerebral cortex. The changes in water and electrolyte content of cerebral tissues just described appeared 60 minutes after the lesion and persisted for three to four days, while five days after the lesion some return to normal values occurred. Ten days after the lesion, dry weight and electrolyte content of cerebral tissues was within normal limits. Similar changes were observed after occipital lobectomy, insertion of expandable pellets and implantation of tumours and can be considered as characteristic of traumatically induced cerebral swelling.

In all experimental models of cerebral edema which involve traumatizing the tissue, breakdown of the normal permeability patterns of brain has been demonstrated with all conventional indicators of the so-called blood-brain barrier. It has been shown clearly that the vascular damage is localized to the area of the lesion, while the permeability of the blood vessels in the edematous regions at a distance from the lesion remains unaltered. The extravasation of fluid occurs in the damaged area but the edema fluid accumulates preferentially in the white matter. By use of a variety of markers it was found that substances of diverse molecular weights ranging from sucrose to large protein molecules moved from the site of injury at the same speed, suggesting

bulk movement of the extravasated fluid. Experiments in progress in our laboratory show that, in fact, the protein content of the edema fluid is the same as that of the serum, so the fluid appears to be whole plasma, not its ultrafiltrate. Quantitative agreement between uptake of water and uptake of large molecules like protein and extracellular markers like sulfate ion suggest that most of the swelling fluid must be contained in an extracellular compartment of the tissue.

The speed and extent of spread of edema fluid is influenced by hemodynamic factors; both have been diminished by lowering the systemic blood pressure and increased by hypertension. The picture of the mechanism of formation of traumatic edema which emerges from all these experimental findings is one of seepage of fluid from grossly damaged blood vessels, not unlike « the spreading of water in the ground from a broken irrigation pipe », the extent of this seepage depending on the pressure head in the system.

The reason for the preferential involvement of white matter in cerebral edema, with only slight increase in the water content of cerebral cortex tissue, even when only superficial cortex is damaged, as in our freezing lesion, is not clear. The most likely explanation of this difference between the two types of cerebral tissue lies in their different structural characteristics. Closely interwoven cellular processes have been demonstrated in cerebral cortex by electron microscopy. Such arrangement can offer considerable resistance to the influx of extraneous fluid. A smaller degree of mechanical resistance might be expected in the white matter where regularly arranged parallel myelinated fibers may be more easily separated forming a potential space for accumulation of edema fluid. Most recent electron microscopic studies provide evidence that such spaces do in fact exist in edematous white matter, while in cerebral cortex only swollen glial cells (astrocytes) have been demonstrated so far.

It is clear from chemical analysis of edematous tissues that the swelling of glial cells in white matter as well as in the cortex accounts for a very small part of the swelling fluid which has accumulated in the brain after trauma. The fact, however, that astrocytes are the only cell type in the brain obviously involved in edema is possibly of considerable significance and importance. It suggests that these cells are concerned in maintenance of normal water and electrolyte distribution in the brain as a whole. Histochemically it has been found that the activity of enzymes involved in energy metabolism is increased in astrocytes within twelve hours after trauma and that this increase persists for a long time after edema has been resolved. At the same time, pinocytotic activity of these cells is stimulated. Since under these conditions swelling of the astrocytes is associated with increased metabolic activity, it does not appear to represent a breakdown in mechanisms responsible for normal maintenance of water and elec-

trolyte distribution; rather it suggests stimulation of such mechanisms. It is doubtful that increased pinocytosis alone is involved here. It is well established that in mammalian tissues water movement against an apparent concentration gradient is always secondary to an active transport of solutes such as sodium or sugar. The fluid accumulated in the brain under influence of hydrostatic pressure of the circulation must be removed by some active process which is probably stimulated as soon as the extraneous fluid is extravasated, but which results in net removal of fluid from the brain only after the gross damage to the vascular elements of the tissue has been repaired. Perhaps the astrocytes are involved in the resolution of edema in a manner not unlike that of cells in the gastrointestinal tract and in kidney tubules where active transport of solutes results in net transfer of fluid against an apparent concentration gradient. This hypothesis remains at present untested. It is this aspect of cerebral edema that requires further biochemical study.

A discussion of traumatic cerebral edema would not be complete without a few words about the practical steps taken in efforts to control it clinically. Transient improvement in the state of the patient with neurological signs and symptoms attributed to cerebral edema has been obtained by intravenous infusion of a variety of hypertonic solutions (e.g. urea, mannitol). Experimental work in animals with traumatic edema has shown, however, that by increasing the tonicity of the plasma water is withdrawn from normal cerebral tissues, thus reducing the bulk of the whole brain, without affecting the water content of edematous white matter. The failure of hypertonic infusions to change the water content of edematous white matter, though it appreciably dehydrates normal tissues is not surprising in view of the now well documented extracellular distribution of edema fluid in that tissue and the gross increase in vascular and tissue permeability in the area of the lesion. Under these conditions, there is no membrane across which the osmotic withdrawal of water from edematous tissue could occur. The beneficial effects obtained clinically by hypertonic infusions must be attributed to the general decompression achieved by decrease in bulk of normal tissues.

The use of corticosteroid therapy in the treatment of cerebral edema is now well established in clinical practice. Cortisone and the synthetic steroid, dexamethasone, appear to decrease the occurrence of all postoperative complications of neurosurgery which previously had been attributed to cerebral edema. So far, however, there has been no definite proof that the beneficial effects of these steroids upon signs and symptoms of cerebral edema have in fact been due to actual reduction in the amount of edema fluid. Electron microscopic studies of both human and animal (rabbits and dogs) material indicate that ultrastructural characteristics of the tissue are better preserved and

that the enlargement of extracellular space is diminished in dexamethasone treated individuals. On the other hand, all efforts to demonstrate an effect of steroid therapy on water and electrolyte content of edematous cerebral tissues of experimental animals have been unsuccessful. In our own experiments this is probably due to basic differences between the cat and the human from the endocrinological point of view which were not appreciated until very recently and which make extrapolation from cat experiments to the human situation questionable. Diminution of edema associated with implanted tumors in rabbits by corticosteroids has been shown to result from inhibition of tumor growth rather than from a direct effect on edema. At the same time, our electroencephalographic studies suggest that even under conditions where there was no measurable reduction of edema, the pattern of electrical activity of traumatized cat brain is less abnormal with dexamethasone treatment than without it. Thus, a possibility remains that corticosteroid therapy protects the functional state of the brain in the presence of unaltered or only slightly diminished edema.

When future experimentation allows definite conclusions to be drawn regarding the actual effect of steroids on cerebral edema, the way will be opened to a thorough investigation of the machanisms involved. Steroids are unlikely to influence the initial gross damage done to the vascular elements of the brain by a standard insult. If they do, in fact, diminish edema their effect more probably involves the rate at which vascular damage is repaired or they may stimulate the mechanisms responsible for removal of extraneous fluids from the edematous tissue. In either case, information regarding the mechanism of steroid action should contribute to our understanding of the edema process itself.

Edema associated with triethyltin intoxication. — While various alkyl tin and lead compounds affect the nervous system selectively, triethyltin administration was found to cause extensive cerebral edema limited essentially to the white matter and, on gross microscopic examination, not unlike that resulting from trauma. This led a number of investigators to a thorough study of the possibility that triethyltin intoxication could be a convenient experimental model of cerebral edema in general. In consequence, characteristics of triethyltin edema have now been very well worked out and these studies have proved most fruitful despite the fact that they showed conclusively that the accumulation of fluid in brain tissues in triethyltin poisoning is a completely different phenomenon from edema induced by trauma.

In triethyltin treated animals the water content of white matter was found to be greatly increased and this was associated with a net increase of sodium and chloride content of the tissue, while the de-

crease in the potassium content was really a dilution of the potassium originally there by a fluid low in potassium. In cerebral cortex tissue no change in water and potassium content could be demonstrated but there was an increase in sodium. This pattern of chages is quite similar to that found in the traumatized brain. However, the similarity between the two processes ends there. Two basic points of difference between traumatically induced edema and triethyltin edema were clearly demonstrated. 1. Permeability of cerebral tissues to standard blood-brain barrier indicators remained normal in triethyltin-treated animals. In fact, the rate of exchange of sodium in white matter where the bulk of sodium had accumulated was diminished as compared to normal. Thus, the edema fluid, although presumably derived from the circulation, once it accumulated in the brain was no longer in equilibrium with the plasma. Failure of iodine ^{131} - labelled serum albumin to penetrate into the edematous tissue suggests that the swelling fluid is a plasma ultrafiltrate containing no serum protein material. 2. Electron microscope studies showed that in triethyltin edema the fluid accumulated almost exclusively in massive vacuoles located between lamellae of the myelin sheaths, with no evidence of increased extracellular space. These vacuoles, completely surrounded by myelin are a unique ultrastructural characteristic of triethyltin edema. Some mild swelling of glial cells was observed in both white and gray tissue.

The mechanisms involved in the accumulation of what appears to be plasma ultrafiltrate between myelin lamellae of white matter in triethyltin intoxication are completely unknown.

Osmotically induced cerebral swelling. — In some of the earliest studies of cerebral edema systemic overhydration was used to produce brain swelling. However, in experiments which involved infusions of large quantities of distilled water or hypotonic solutions rapid increases and constant changes in plasma volume superimposed on changes in plasma osmolarity made the interpretation of experimental results often difficult.

This problem was eliminated in our studies in which rapid hemodialysis by means of an artificial kidney was used to produce changes in plasma osmolarity without affecting significantly the plasma volume.

Uremic dogs with elevated plasma osmolarity due mainly to increased urea content were dialyzed against a bath fluid of normal physiological tonicity and normal dogs were dialyzed against hypotonic, low-sodium bath fluid. In both types of experiments a transient osmotic gradient was established between plasma and cerebral tissues, as the rapid decrease in plasma urea or sodium, as the case may be, caused a slower decrese in these constituents of cerebral tissues.

In a high percentage, but not in all, animals so treated significant cerebral swelling was demonstrated. Its chemical characteristics were quite different, however, from those described above for traumatically induced edema. Water content of cerebral cortex and of white matter was increased to the same extent and on the average was equivalent in both tissues to about 15% swelling. At the same time, sodium and potassium content of both cerebral tissues remained within normal limits and the sodium to potassium ratio remained unaltered. These results indicate that the fluid taken up did not contain any electrolytes. The swelling apparently resulted from shifts of water which occurred to offset the osmotic imbalance between plasma and cerebral tissues established by hemodialysis. It can thus be definitely concluded that osmotically induced swelling of cerebral tissues is a basically different phenomenon from cerebral edema associated with trauma.

The fallacy of using increased cerebrospinal fluid pressure as indication of cerebral edema has been clearly demonstrated in the dialysis experiments. As already mentioned, cerebral swelling was not a constant feature of hemodialysis, yet invariably a significant rise in cerebrospinal fluid pressure was observed. The increase in cerebrospinal fluid pressure could not be correlated with the presence or absence of swelling in cerebral tissues nor was it correlated with the degree of swelling when the latter was present. On the other hand, we were able to demonstrate that hemodialysis had only a slight effect on cerebrospinal fluid content of urea or sodium, depending on the preparation used. Thus an osmotic gradient between plasma and cerebrospinal fluid was established under our experimental conditions and this gradient was always greater and persisted for a longer time than the corresponding gradient between plasma and cerebral tissues. Movement of water into the cerebrospinal fluid space in response to the osmotic gradient between the two fluids was probably responsible for the observed, consistent increase in cerebrospinal fluid pressure.

Very little information is available on blood-brain barrier phenomena in osmotically swollen cerebral tissues. A brief reference to an unpublished observation indicates that permeability of cerebral vessels to trypan blue is not increased.

The ultrastructural characteristics have not been extensively investigated in this type of swelling, although swollen astrocytes have been reported in the cerebral cortex of rabbits infused with distilled water. Theoretically, osmotic swelling would be expected to be intracellular and should affect all the cellular elements. If astrocytes are, in fact, primarily involved in osmotic swelling, this would provide further evidence for their role in water and electrolyte metabolism of cerebral tissues and in the maintenance of homeostasis for the neurons. Further experimentation is needed to clarify these points.

Changes characteristic of various types of experimental cerebral edema.

Edema induced by:	Permeability to				White matter				Cerebral cortex				Fine structure characteristics	
	Trypan blue	RISA FLP	$S^{35}O_4$	Na^{24}	Water	Na	K	Na/K	Water	Na	K	Na/K	White matter	Cerebral cortex
Trauma freezing; occipital removal; focal inflammatory edema (PPD implant); tumor implantation; expansion of extradural balloon	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	Swollen glia. Abnormal extracellular spaces	Swollen glia.
Triethyltin intoxication	—	—	—	↓	↑	↑	↓	↑	—	↑	—	↑	Mildly swollen glia. Accumulation of fluid within intramyelenic vacuoles	Mildly swollen glia
Osmotic gradient post-dialysis swelling; water infusion	—				↑	—	—	—	↑	—	—	—		Swollen glia
Hypoxia alone; with hypercapnea; metabolic poisons, e.g. CN	— —	— —	—	↑	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	Perivascular demyelination	Neuronal fall-out
Exptl. cerebral infarction (carotid ligation with anoxic exposure)	↑				(whole brain) ↑	↑	↓	↑						Swelling and degeneration of vascular endothelium, glia & neurons

Legend: ↑ Increase; ↓ Decrease; — No change

RISA - I^{131} serum albumin

FLP - Fluorescein-labelled serum protein

Changes characteristic of various types of cerebral edema. Bibliography for the Table is listed under References.

EFFECT OF HYPOXIA AND EXPERIMENTAL CEREBRAL INFARCTION. — The susceptibility of brain to lack of oxygen is well known and characterized by widespread degeneration and necrosis of nerve cells with corresponding proliferation of glial cells. It has been stated often and it has become generally accepted that cerebral swelling is always associated with brain anoxia. However, there is no experimental evidence supporting this statement.

In our laboratory, cats were subjected for several hours to severe hypoxia in which the blood oxygen saturation was 30 percent of normal. In some experiments the hypoxia was also accompanied by a severe respiratory acidosis. In all cases, water, sodium and potassium content of cerebral cortex tissue and of white matter remained within normal limits although the animals showed abnormal neurological signs. We thus had to conclude that cerebral edema does not result from systemic lack of oxygen. Increased cerebrospinal fluid pressure which is found in hypoxic and hypercapnic animals is probably due to dilatation of the cerebral blood vessels.

Studies of other investigators with trypan blue and labelled serum protein have shown that the blood-brain barrier was not damaged by hypoxia with or without hypercapnea, although in the latter case the rate of uptake by brain of labelled sodium from the circulation was significantly increased.

Results of several studies with the experimental model of cerebral infarction suggest that factors other than pure hypoxia alone may be responsible for cerebral swelling often attributed to deprivation of oxygen. An anoxic-ischemic lesion is produced experimentally by unilateral ligation of the carotid artery in the rat and then exposing the animal to anoxic conditions. These two procedures performed separately had no effect on cerebral water content but together they caused cerebral swelling within a few hours in the hemisphere on the same side as the ligation. The increase in the water content of the affected hemisphere was also accompanied by an increase in sodium content and a decrease in potassium content. The latter was more extensive than in traumatic edema. At the same time, the blood-brain barrier was damaged, as indicated by increased uptake of trypan blue. Cerebral edema resulting from the anoxic-ischemic lesion was shown to be associated always with necrotic changes in cerebral tissue and ultrastructural changes in capillary endothelium. Since the vascular elements of brain primarily the capillaries are always involved in experimental cerebral infarction, the ensuing edema may really be similar to the traumatic type. The chemical changes associated with the anoxic-ischemic lesion are in keeping with this view, although direct effects on other cell types are undoubtedly superimposed on the edematous process. For example, the extensive loss of cerebral potassium mentioned above may be a reflection of neuronal necrosis.

CONCLUSION. — Changes characteristic of various types of experimental cerebral edema are summarized in Table 1. The tabulated data are the result of extensive studies by many investigators and represent the salient features of progress achieved in the field of cerebral edema during the last decade.

Montreal, Montreal Neurological Institute and McGill University.

HANNA M. PAPPIUS

REFERENCES

Complete bibliography on cerebral edema will be found in:

BAKAY L. and LEE J. C., 1965. - *Cerebral Edema.* Charles C. Thomas, Publ.

KLATZO I., 1967. - Presidential Address - *Neuropathological Aspects of Brain Edema.* J. Neuropath. Exptl. Neurol. 26 : 1-14.

KLATZO I. and SEITELBERGER F. (Editors), 1967. - Brain Edema - *Proceedings of the Symposium.* Springer-Verlag, New York Inc. Publ.

Data for table I have been assembled from the following publication:

ALEU F. P., KATZMAN R. and TERRY R. D., 1963. - *Fine Structure and Electrolyte Analyses of Cerebral Edema Induced by Alkyl Tin Intoxication.* J. Neuropath. Exptl. Neurol., 22 : 403-413.

BAKAY L., 1965. - *Failure of Trypan Blue to Penetrate Into Osmotically Swollen Brain.* Unpublished Observation. Quoted in Bakay, L. and Lee, J. C. Opus cited p. 62.

BAKAY L. and BENDIXEN H. H., 1963. - *Central Nervous System Vulnerability in Hypoxic States: Isotope Uptake Studies.* In: Selective Vulnerability of the Central Nervous System in Hypoxaemia. Ed. W. H. McMenemey and J. F. Schade, Oxford Blackwell Scient. Publ. p 63-78.

CLASEN R. A., COOKE P. M., PANDOLFI S., CARNECKI G. and BRYAR G., 1965. - *Hypertonic Urea in Experimental Cerebral Edema.* Arch. Neurol., 12 : 424-434.

GONATAS N., ZIMMERMAN H. M. and LEVINE S., 1963. - *Ultrastructure of Inflammation with Edema in the Rat Brain.* Amer. J. Path, 42 : 455-469.

HERZOG I., LEVY W. A. and SCHEINBERG L. C., 1965. - *Biochemical and Morphological Studies of Cerebral Edema Associated with Intracerebral Tumors in Rabbits.* J. Neuropath. Exptl. Neurol., 24 : 244-255.

HILLS C. P., 1964. - *The Ultrastructure of Anoxic-Ischaemic Lesions in the Cerebral Cortex of the Adult Rat Brain.* Guy's Hosp. Rep., 113 : 333-348.

KATZMAN R., ALEU F. and WILSON C., 1963. - *Further Observations on Triethyltin Edema.* Arch. Neurol., 9 : 178-187.

KATZMAN R., GONATAS N. and LEVINE S., 1964. - *Electrolytes and Fluids in Experimental Focal Leukoencephalopathy.* Arch. Neurol., 10 : 58-65.

KLATZO I., MIGUEL, J. and OTENASEK R., 1962. - *The Application of Fluorescein-Labelled Serum Proteins (FLSP) to the Study of Vascular Permeability in the Brain.* Acta. Neuropath., 2 : 144-160.

LONG D. M., HARTMANN J. F. and FRENCH L. A., 1966. - *The Ultra-structure of Human Cerebral Edema.* J. Neuropath. Exptl. Neurol., 25 : 373-395.

LUSE S. A. and HARRIS B., 1961. - *Brain Ultrastructure in Hydration and Dehydration.* Arch. Neurol., 4 : 139-153.

MAGEE P. N., STONER H. B. and BARNES J. M., 1957. - *The Experimental Production of Edema in the Central Nervous System of the Rat by Triethyl Tin Compounds.* J. Path. Bact. 73 : 107-124.

PAPPIUS H. M., 1965. - *The Distribution of Water in Brain Tissues Swollen* In Vitro *and* In Vivo. In: Progress in Brain Research, Vol. 15, p. 135-154. De Robertis, E.D.P. and Carrea, R. (Editors).

PAPPIUS H. M., 1967. - *Biochemical Studies on Experimental Brain Edema.* In Brain Edema - Proceedings of the Symposium. Klatzo, I. and Seitelberger, F. (Editors). Springer-Verlag, New York Inc. (Publ.).

PAPPIUS H. M., 1967. - *Effect of Hypoxia on Water and Electrolyte Content of Brain Tissues.* Unpublished observations.

PAPPIUS H. M. and DAYES L. A., 1965. - *Hypertonic Urea. Its Effect on the Distribution of Water and Electrolytes in Normal and Edematous Brain Tissues.* Arch. Neurol., 13 : 395-402.

PAPPIUS H. M. and GULATI D. R., 1963. - *Water and Electrolyte Content of Cerebral Tissues in Experimentally Induced Edema.* Acta Neuropath., 2 : 451-460.

PAPPIUS H. M., OH J. H. and DOSSETOR J. B., 1967. - *The Effects of Rapid Hemodialysis on Brain Tissues and Cerebrospinal Fluid of Dogs.* Can. J. Physiol. Pharmacol., 45 : 129-147.

PLUM F., POSNER J. B. and ALVORD E. C., 1963. - *Edema and Necrosis in Experimental Cerebral Infarction.* Arch. Neurol., 9 : 563-570.

RAIMONDI A. J., EVANS J. P. and MULLAN S., 1962. - *Studies of Cerebral Edema: III. Alterations in the White Matter; An Electron Microscopic Study Using Ferritin as a Labelling Compound.* Acta Neuropath., 2 : 177-197.

SPECTOR R. C., 1963. - *Water Content of the Brain in Anoxic-Ischaemic Encephalopathy in Adult Rats.* Brit. J. Exp. Path., 42 : 623-630.

LES SCIENCES DE STRUCTURES ET LA PHILOSOPHIE DE L'HOMME

Les sciences modernes, qui, de la physique aux sciences humaines, mettent en oeuvre des structures, semblent suggérer des vues philosophiques nouvelles, qui s'opposent au moins partiellement aux traditions des philosophies de l'homme, du sujet. Ces sciences se caractérisent par l'usage étendu des modèles mathématiques, symboliques, pour analyser les corrélations expérimentales. Elles pourraient affecter ainsi notre conception de la raison, de l'homme pensant, et notre conception de l'homme vivant, de la conduite et de l'expression. Elles obligent en fait la philosophie à « relativiser » les pouvoirs de la pensée: celle-ci s'exerce par le moyen de structure symbolico-techniques qui évoluent dans l'histoire; et aussi, à relier les comportements pratiques et linguistiques de l'homme au contexte serré des situations, des moyens d'action et d'expression, des conditions sociales et historiques. On a pu former l'hypothèse qu'une philosophie scientifique, structurale, allait contester les bases de l'humanisme, en remplaçant le sujet par certains équilibres fonctionnels, objectifs. Après examen, il nous semble qu'elle nous propose seulement une version plus concrète de la philosophie humaniste, en mettant en valeur les conditions objectives, historiques de la vérité et de la finalité.

Les sciences de la nature et de l'homme sont arrivées aux stades où elles étudient des structures, des complexes bien définis de conditions et de relations. C'est un développement naturel de leur méthode, qui n'est inspiré par aucune philosophie préalable. Cependant, les résultats qu'elles atteignent sont de nature à influencer la philosophie, qui est toujours tributaire, pour une part de ses conceptions, du témoignage de la science. Les sciences arrivées au stade dont nous avons parlé coordonnent à la description des faits l'usage étendu des formes mathématico-expérimentales, et apportent ainsi des enseignements à la philosophie de la connaissance, de la raison. D'autre part, elles nous présentent la réalité, qu'il s'agisse des faits naturels ou des faits humains, sous le jour de totalités bien articulées et conditionnées. Elles rencontrent ainsi un second problème de la philosophie: quelle est la nature de l'homme? quelle est l'insertion de l'homme dans le réel? Ainsi, et de plusieurs manières, nous pouvons concevoir un prolongement philosophique de leurs thèmes.

Nous ne voulons pas prétendre que les liens d'une philosophie de la raison ou de l'homme avec la méthodologie des sciences structurales soient dès maintenant bien clarifiés ou élucidés. Nous avons plutôt le sentiment que l'effort des grandes philosophies du passé, réalistes, idéalistes, empiristes, pour interpréter l'état des sciences qui leur était contemporain, est à recommencer, pour une part au moins, devant les sciences modernes qui, de la physique à la psychologie ou à la sociologie, élaborent des systèmes mathématico-expérimentaux consistants. A vrai dire, nous avons un témoignage de l'actualité de ces

problèmes dans les tentatives qui sont faites pour porter devant l'opinion philosophique l'idée de structure, de « structuralité ». Nous nous trouvons donc, en abordant le sujet de cet article, devant la tâche, assez délicate, de suggérer des perspectives, et, sans pouvoir faire état d'aucune doctrine qui soit close ou achevée, de marquer des directions que pourrait suivre une recherche en devenir.

Nous commencerons, dans le § I., par indiquer très succinctement certains traits fondamentaux des sciences structurales: la méthode qu'elles emploient, la manière dont elles traitent leurs objets. Puis, nous étant donné ces références techniques, nous suivrons, dans le § II., quelques implications de ces vues scientifiques qui peuvent intéresser, et de plusieurs manières, la philosophie de l'homme et de la pensée. L'homme sera considéré tout à tour a) comme sujet pensant, auteur des concepts et des expériences de la science. b) comme nature psychique ou sociale, qui est elle-même justiciable de la connaissance scientifique. c) comme l'être vivant qui s'exprime et donne signification au monde par l'intermédiaire des structures de la conduite et du langage. Sur tous ces points, nous semble-t-il, les problèmes scientifiques confinent à des problèmes philosophiques. Enfin, dans le § III., nous reviendrons, dans un esprit critique, sur ces quelques propositions: nous nous demanderons alors si, ou dans quelle mesure, les perspectives d'une philosophie de l'homme sont modifiées par l'apport des sciences de structures.

I.

Un des traits les plus frappants de la méthode des sciences qui mettent en oeuvre des structures, c'est qu'elles font un grand usage de l'abstrait, du formel, des schèmes mathématiques, et qu'elles les emploient très directement pour analyser, organiser l'expérience. Elles surmontent ainsi, dans leur pratique même, la séparation qui est souvent établie entre une méthode constructive, qui ne serait valable qu'à l'intérieur des mathématique, et une méthode descriptive, ou inductive, intéressant les faits d'expérience. Naturellement, les sciences de la nature, la physique moderne, illustreraient au premier chef ce procédé. Modèle des ondes, modèle des matrices, se sont autant de formes mathématiques qui ont trouvé usage en vue d'analyser les évènements que détecte l'expérience physique: les effets spectraux, magnétiques, qui projettent sur le plan des observables ce que l'on peut appeler l'activité interne de l'atome. Il n'est pas suffisant de dire que les formules mathématiques connectent « après coup » des différences, des ordonnances de quantités et de qualités qui ont été déjà établies ou constatées par les moyens de l'observation. Car il arrive bien souvent que l'organisation théorique des êtres mathématiques précède, suggère ou fasse apparaître l'organisation des objets

expérimentaux. Ainsi l'application de l'équation d'onde aux énergies émises par l'atome, qu'a faite SCHRÖDINGER, a fait apparaître des nombres nouveaux, des fréquences nouvelles, qui n'avaient pas été différenciés par les recherches empiriques, inductives de BALMER. On peut dire aussi que le travail propre du mathématicien, qui développe librement la connaissance des structures formelles, apporte de lui-même une aide au naturaliste, qui réalise ou applique ces structures à l'expérience. La Relativité a généralisé la notion de « vecteur » dans la notion de « tenseur », qui prend sens pour un espace qui a un nombre quelconque de dimensions et dont la métrique n'est pas euclidienne. Or les tenseurs sont devenus des instruments indispensables pour la géométrie du physicien, la géométrie des ondes.

Lorsque l'on parle d'une extension des méthodes structurales aux sciences humaines, il n'est pas question sans doute d'une solidarité aussi étroite et aussi ample entre les recherches du mathématicien et celles du naturaliste. Cependant on retrouve, dans cet autre domaine de la science, certains aspects de la démarche double dont nous venons de parler: un passage par l'abstrait est nécessaire pour comprendre et pour organiser le concret. Ainsi l'étude des aptitudes, en psychologie, a demandé les moyens mathématiques de l'analyse factorielle. La recherche de la structure du langage, (de la distribution et de la fréquence normale des mots dans un texte caractéristique d'un écrivain, d'une société, d'une culture), a demandé l'usage des statistiques. L'examen des perspectives et des décisions dans le domaine de l'économie a fait appel à la théorie des jeux, et ainsi aux calculs probabilitaires. Mais, en dehors même des disciplines qui recourent ainsi aux moyens d'une mathématique axiomatisée, un grand nombre de disciplines faisant partie des sciences humaines recourent à des schémas mathématiques élémentaires, à des schémas topologiques et géométriques, pour éclairer leur objet. On pensera à la psychologie des champs de LEWIN, ou à l'ethnologie structurale de LEVI-STRAUSS.

Ainsi, nous pouvons nous donner une idée générale assez valable des sciences de structures en disant qu'elles lient fortement les conditions abstraites et les conditions concrètes de la connaissance, qu'elles mettent en oeuvre la capacité des combinaisons, des transformations mathématiques pour analyser plus exactement les relations complexes qu'offrent les contenus de l'expérience. Mais nous approcherions davantage leur caractère commun en précisant les quelques points que nous allons envisager maintenant: Les sciences de structures pensent des vérités organisées, systématisées, elles dominent par là les connaissances empiriques. Elles s'appuient volontiers sur la cohérence des systèmes de symboles, et prennent ainsi une distance vis-à-vis des données directes de l'intuition, de l'expérience. Enfin, tant par leur langage exact que par leurs notations précises, elles renforcent le caractère objectif de leurs connaissances, elles écartent les connais-

sances qui sont liées à la subjectivité de la compréhension ou de la croyance.

* * *

Il faut remarquer d'abord que le savant s'accoutume à penser à l'intérieur de modèles mathématiques, à partir desquels il envisage les liaisons entre les observables, les données expérimentales. C'est ainsi que la connaissance scientifique prend d'emblée un caractère systématique. Elle ne procède plus, comme le pensait le positivisme classique, celui d'Auguste COMTE, de loi empirique en loi empirique, en allant de la plus particulière à la plus générale. Mais chaque loi qu'elle conçoit est rapportée à l'unité du système, qui définit la valeur qu'il faut accorder aux mesures, le sens qu'il faut donner aux termes qui entrent dans l'énoncé des lois. Cela ne veut nullement dire que la science devienne moins expérimentale, qu'elle s'appuie désormais sur des suppositions à priori. Au contraire, elle associe étroitement les valeurs rationnelles et les valeurs expérimentales: elle utilise des schémas mathématiques très souples et très précis, susceptibles d'extension et de révision, et qui « réagissent » avec une grande finesse à la nouveauté des notations expérimentales.

Cette orientation de la science, dont le modèle mathématique devient la base, est surtout marquée dans les sciences de la nature, qui sont pourvues de théories très cohérentes. Mais elle se marque aussi dans les sciences de l'homme, où les théories sont cependant moins générales, moins unifiées. Dans la physique, nous savons que la mécanique ondulatoire, qui traite les actions comme des fonctions périodiques d'une structure qui varie dans le champ spatial selon le temps, a fourni un schéma directeur à l'étude des énergies rayonnées, puis des énergies matérielles: c'est un schéma à priori si l'on veut, mais sans cesse en voie d'adaptation: de nouveaux « nombres », caractérisant les vecteurs de vibration, se sont introduits au fur et à mesure que l'on découvrait des « effets anormaux », dans l'étude des énergies électriques et magnétiques que rayonne l'atome. Et qui plus est, le schéma a modifié sa structure même, en modifiant en même temps le sens des valeurs expérimentales. Lorsque, de SCHRÖDINGER à DIRAC, le physicien s'est décidé à traduire les concepts ondulatoires dans le langage de la relativité, il a fallu réinterpréter dans le sens relativiste la nature même des mesures: les valeurs cinétiques et géométriques, relatives à l'ampleur et au sens des vecteurs de l'onde, deviennent fonctions de la vitesse de la propagation. Nous ne trouverions pas, dans les sciences humaines, des exemples aussi complets de l'établissement et de la variation d'un modèle mathématique. Mais cependant l'influence de modèles plus limités se fait sentir. Ainsi, des domaines très larges de la psychologie, de la sociologie, ont été rapportés

aux lois du calcul des probabilités. Mais, à mesure que ce modèle s'étendait, il devait en même temps préciser, diversifier ses lois: une différenciation s'est établie entre les « modèles statistiques», et les « modèles stratégiques », dérivés de la théorie des jeux: les premiers servent à établir la constance d'un facteur parmi des facteurs occasionnels, comme c'est le cas d'une aptitude dans des situations d'apprentissage. Les seconds servent à déterminer la conduite à tenir dans une situation caractérisée par des « options », la conduite choisie devant correspondre à un maximum de gain pour un minimum de risques: les sciences humaines illustrent aussi le pouvoir rationnel des modèles mathématiques, et la souplesse de leur usage.

Dire que les sciences de structures adoptent des modèles mathématiques, c'est dire aussi qu'elles se fient de plus en plus à l'exactitude des symboles et des relations entre les symboles, que les expressions symboliques se substituent progressivement aux descriptions qui s'appuient sur des représentations intuitives. L'emploi des symboles permet les déductions exactes et prenant la forme de calculs. C'est pourquoi, comme on le sait, les mathématiques en tout premier lieu ont abandonné la forme des déductions intuitives et ne retiennent que les déductions qui se font à l'intérieur des systémes axiomatiques complètement formalisés. Mais, quand il s'agit des sciences expérimentales, on peut dire que le symbolisme joue un autre rôle encore. Il introduit des êtres abstraits, bien définis par les formules où ils entrent, qui sont des intermédiaires nécessaires entre les valeurs qui sont établies par l'expérience, la mesure. Ces êtres abstraits ne peuvent pas être fixés directement par notre intuition, notre imagination, ils ne sont connaissables que dans la mesure où ils sont formulables. Ainsi le physicien accorde aux grains d'énergie une intensité d'action proportionnelle à une fréquence: $E = h\nu$, mais c'est une intensité qui ne se laisse pas comprendre au moyen des images de la mécanique, en fonction d'une vitesse mesurée sur une trajectoire linéaire. Ov, pour prendre un exemple dans les sciences humaines, le psychologue de l'apprentissage mesure les résultats de celui-ci, la proportion des réponses exactes dans une tâche donnée, en fonction d'une force de l'habitude H, qui est une fonction exponentielle précise du nombre des répétitions N, $H = K^{-hN}$. Il crée ainsi un concept exact de l'habitude, dont notre intuition ne pourrait nous fournir qu'une approximation vague et purement qualitative. Généraliser l'usage des symboles, c'est pour le savant ouvrir la voie aux calculs, mais c'est aussi remplacer l'intuition vague que nous avons des relations entre les faits par des concepts définis qui formulent ces relations.

Ce que nous avons dit du rôle joué par les entités symboliques, servant de lien entre le système mathématique et les mesures expérimentales, nous montre déjà que les sciences de structures accroissent l'« objectivité » de notre connaissance. Plus précisément, elles donnent

à cette « objectivité » un nouveau sens. Une connaissance reste « subjective », dans un sens fondamental du terme, quand ce que nous affirmons reste tributaire de notre capacité psychologique de compréhension, ou de l'interprétation que nous donnons des faits de l'expérience. Ainsi la signification qu'un historien donnera à un évènement, en se fondant sur les renseignements de témoins vivants, et en s'inspirant des opinions ou des valeurs qui prévalent en son temps, sera bien une « connaissance », elle aura un caractère assez méthodique, réfléchi; mais cependant elle reposera sur des « appréciations », des « interprétations », elle restera ainsi dans la sphère de la « subjectivité. Or à mesure qu'une science structurale remplira son programme, elle réduira les facteurs subjectifs de l'« intuition », de la compréhension. Elle s'appuiera sur deux bases: l'observation garantie par des instruments techniques, la définition et le calcul mathématique. Mais cette observation est dépouillée des facteurs d'« appréciation » et cette intelligibilité des formules mathématiques est exempte des facteurs de compréhension ou d'interprétation. En ces sens, on peut dire qu'une science structurale réalise un maximum « d'objectivité ».

Il faut dire à nouveau que ce caractère d'objectivité est plus pleinement réalisé dans les sciences de la nature. Le physicien, pour expliquer comment une certaine quantité d'énergie calorifique ou lumineuse, communiquée à l'atome, modifie le spectre émis par celui-ci, opère algébriquement sur les matrices, qui ordonnent les nombres quantiques caractérisant les états d'énergie possibles dans l'atome: il traite structuralement les grandeurs expérimentales sans nous donner à « comprendre » intuitivement le processus. Il est inutile que nous nous figurions, à l'aide d'images cinétiques, ce qui se produit à l'intérieur de l'atome. Mais cette tendance aux explications structurales, objectives, se retrouve, quoiqu'à un degré moins pur, dans les sciences humaines. Lorsque le psychologue, à l'aide de l'analyse factorielle, dissocie les paramètres indépendants dont la composition détermine la sûreté ou la rapidité de l'exécution d'une tâche (ainsi, intelligence générale, aptitudes spéciales, facteurs individuels de tension et d'inhibition), ce n'est pas l'intuition, mais la rigueur des calculs, qui le guident dans cette analyse, et si nous lui proposions un tableau préalable des « facultés de l'esprit », tiré de la réflexion ou de la description phénoménologique, nous gênerions plutôt que nous n'aiderions cette analyse. Mais le souci d'objectivité des sciences de structures apparait même dans celles qui ne disposent pas de structures combinatoires complexes, qui utilisent des schémas élémentaires d'ordre et de différence. Ainsi en va-t-il de l'ethnologue qui veut établir le type d'un langage culturel, exprimant les rapports de parenté. Il note les distinctions et oppositions qui existent dans le vocabulaire de la parenté, les relations qui sont formulées entre les termes composant la parenté. Il compare ces termes et relations, intérieures aux langages, aux éléments et rapports

qui entrent en jeu dans les échanges sociaux, par exemple, dans les liaisons matrimoniales. Il établit ainsi, par une analyse des faits appuyée sur une logique des combinaisons, le type d'une réalité socio-linguistique, il ne se fie jamais aux « interprétations » ou explications que l'agent social lui-même donne de sa conduite ou du sens des mots qu'il emploie, et il évite une interprétation personnelle de cette signification.

Evidemment, cet effort des sciences structurales vers les conditions d'une objectivité mathématico-expérimentale, n'épuise pas la question de savoir si une connaissance est possible sans avoir quelques bases intuitives et compréhensives. Nous y reviendrons d'ailleurs dans la suite. Mais il nous suffit de marquer que les sciences renforcent, par le moyen des liaisons structurales, la part objective de la méthode, et la rendent largement indépendante de la part intuitive. Et cette nouvelle orientation de la méthode est surtout à remarquer dans les sciences humaines. Depuis les thèses de DILTHEY, il était assez courant de dire que les sciences humaines diffèrent des sciences de la nature parce qu'elles s'occupent de formes et de totalités qui trouvent leur unité dans le « sens » qu'elles possèdent pour le sujet vivant: leur domaine est inaccessible à l'analyse mathématique, mécanique, mais en revanche l'homme a une compréhension directe des relations qu'il contient. Or, ce que nous avons dit des sciences de structures qui, même dans le domaine humain, utilisent l'observation, l'expérimentation combinée avec l'analyse mathématique, semble contester, ou du moins limiter la portée de cette thèse.

Nous avons caractérisé les sciences structurales d'une façon générale, par le rôle que structures ou schémas mathématiques y jouent en collaboration avec l'expérience, par la base qu'elles trouvent dans un langage symbolique éloigné de la perception, et par leur approche objective des faits qu'elles ont à expliquer. Préciser davantage ces points serait une tâche de méthodologiste. Ce que nous voulons faire, conformément à notre projet, c'est surtout marquer leur incidence sur la philosophie de la pensée et sur la philosophie de l'homme.

II.

Nous choisirons pour cela quelques thèmes de réflexion, d'une manière un peu arbitraire, mais en nous laissant guider par l'importance des problèmes. Indiquons-les d'abord, pour les développer ensuite.

a) Lorsque nous parlons de la rationalité, à la fois formelle et objective, des structures, nous introduisons un « troisième terme » entre ceux que considéraient et commentaient de préférence les philosophies classiques de la connaissance: celle-ci opposait l'évidence des idées à la contingence des données sensibles, ou la subjectivité

de l'hypothèse à l'objectivité des faits. Mais la cohérence formelle et expérimentale des structures tombe assez difficilement sous ces rubriques, et elles donnent lieu ainsi à une reprise de la question philosophique: comment pensons-nous et connaissons-nous?

b) Nous avons dit que les sciences de structures ont accès, par leurs procédés surtout expérimentaux et mathématiques, à ces conduites organisées qui sont caractéristiques de l'activité humaine: apprentissages, élocution, choix et décision. Comment faut-il comprendre cet accès objectif à des domaines qui relèvent de l'activité des sujets, des collectivités de sujets? Nous sommes accoutumés à penser, par une longue tradition, qu'une science peut traiter objectivement les comportements, mais en mettant en suspens leur caractère humain, en en faisant des « faits naturels »; ou que, si au contraire elle s'adresse au sujet humain, elle doit renoncer à en traiter objectivement. Quelle est la situation des sciences de structures devant ce dilemme? Sont-elles capables d'échapper au dilemme? Ces questions nous mettent au point de contact des problèmes de la science et de ceux de la philosophie.

c) Parmi les domaines relevant des sciences humaines qui sont abordés le plus volontiers par la méthode structurale, il y a celui du langage: on analyse la phonétique, la sémantique, les rapports des structures linguistiques avec les structures des sociétés qui parlent le langage. Or le langage, qui est le support des significations, des expressions, des communications inter-subjectives, concerne profondément une philosophie de l'homme pensant, et surtout, des médiats concrets de la pensée. Ceci nous conduit encore à un carrefour de problèmes. Une étude scientifique de la pensée par l'intermédiaire du langage est-elle possible? et si elle l'est, qu'apporte-t-elle de nouveau à notre conception de la pensée et du langage, de l'homme et du langage?

Tels sont les points, de nature diverse, sur lesquels nous proposerons quelques suggestions, afin de préparer certainers conclusions critiques.

a) Nous avons essayé de caractériseer, dans le §I., ce que la consistance des structures rationnelles présente de nouveau à la réflexion épistémologique. C'est une consistance riche de médiations, puisqu'elle coordonne fortement les liaisons empiriques aux relations mathématiques, et c'est une consistance mobile et ouverte, puisque elle se défait et se refait à mesure que la théorie complète ses notions et étend sa portée. Ce statut des structures de la science ne s'accorde peut-être pas aisément avec les conceptions de la pensée, de l'expérience que nous proposaient les philosophies traditionnelles, qui s'étaient formées en interprétant des états de la science antérieurs à cette prévalence des structures: Essayons de le montrer à l'aide de quelques comparaisons, de quelques confrontations.

Il semblera tout d'abord que la prévalence des structures renforce l'« autonomie » de la vérité scientifique: celle-ci ne peut avoir de bases fermes en dehors d'elle, dans un domaine des sensations pures ou des idées pures, car elle formule elle-même ses concepts et organise ses moyens expérimentaux. En même temps que la vérité scientifique est plus autonome, elle apparaît davantage dans sa « Relativité »: il n'y a pas de garantie permanente, « absolue » de la vérité scientifique, soit qu'on la recherche du côté des faits, soit qu'on la recherche du côté des idées. Si nous suivons les implications de cette proposition, nous verrions qu'elle nous empêche d'accepter l'alternative des philosophies empiristes pures et des philosophies rationalistes pures.

L'Empirisme, ou le Positivisme classiques, pensaient que la science progresse sous la « dictée des faits », que le rationnel est du sensible transformé. Mais cela ne nous explique pas assez que la science se constitue et se développe grâce au choix de modèles mathématiques cohérents, grâce au conflit même de ces modèles qui les contraint à se compléter, à s'élargir. A l'Empirisme, le Rationalisme classique répondait qu'il y a une part de la vérité qui ne vient pas de l'expérience, qui est prescrite à l'expérience par les lois de la pensée. Mais cela supposerait l'existence de concepts qui seraient absolus, « irrélatifs », non altérés par le progrès des systèmes de la science; précisément, il semble que les sciences structurales s'affranchissent de tels concepts. Pensons par exemple à la conception de l'a priori que se faisait KANT: notre concept de la grandeur, notre intuition de l'espace imposerait à la science de penser le réel sous le jour des compositions continues, des transformations continues. Or, précisément, les structures de la physique moderne sont essentiellement « quantiques »: les compositions discontinues, aléatoires, sont indispensables pour expliquer les faits microphysiques, et réengendrent, à la limite, des compositions continues, déterministes, lorsqu'elles sont pensées à une certaine échelle. On pourrait interpréter cela en disant qu'une science armée de modèles mathématiques poursuit la tâche, toujours relative, de coordonner les concepts à l'expérience, de choisir les concepts qui opèrent effectivement sur l'expérience, et que cette consistance relative refuse à la fois l'absolu des faits et l'absolu des idées.

Mais, au cours du XIXe siècle et du XXe siècle, la philosophie de la science a bien développé des courants qui insistent sur la relativité de la tâche scientifique, qui mettent en avant le travail historique, inachevable de l'homme pour vérifier les concepts et les énoncés. On pourrait parler de conceptions « humanistes » de la science, précisément parce que l'accent est mis sur la tâche constante du sujet de la connaissance. Une des formes de cet humanisme est représentée par le Pragmatisme, qui insiste sur le rôle des « hypothèses » par lequel le sujet actif devance les faits de l'expérience: la vérité n'est pas dictée par les faits, mais elle résulte de la réalitation progressive, de la cor-

rection progressive de l'hypothèse. Une autre forme est représentée par l'idéalisme relativiste moderne, qui nous montre le sujet rationnel poursuivant les objectifs ultimes de l'intelligibilité, de la vérité, au cours d'un progrès temporel, historique, où cet idéal se mesure constamment à la réalité des objets: la vérité est un «projet» défini mais toujours recommencé[1]. Il peut sembler que ce que nous disions de la consistance, relative et progressive, des structures axiomatiques, s'accorde assez bien avec les vues d'un rationalisme humaniste, d'une philosophie de l'hypothèse, ou du projet.

Cependant, une philosophie des structures ne pourrait sans doute prolonger les traditions du rationalisme humaniste sans rectifier, ou renouveler certaines de ses vues. Disons, sommairement, qu'une science structurale, reposant sur la consistance des systèmes mathématico-expérimentaux, exclut une part de la contingence, de la subjectivité que nous attachons à l'idée d'hypothèse; d'une autre manière, les structures, qui sont le siège d'échanges serrés entre les exigences de la rationalité et les contraintes de la réalité, ne satisfont pas pleinement les critères de l'idéalisme, ne nous permettent pas de séparer l'objectif poursuivi par la raison de la contingence des faits ou des états de choses qu'il rencontre en cours de route.

La tradition pragmatique est marquée sans doute d'un « psychologisme » excessif: l'hypothèse se forme, sous la pression de nos besoins présents et de nos croyances passées, tout en se corrigeant par ses contacts avec les faits. A dire vrai, l'hypothèse est davantage tributaire du champ des possibilités, objectivement définies, que fournit la théorie mathématique: au XIXe siècle, les physiciens désiraient bien conserver les références métriques absolues, les schémas de transformation continus que leur assurait l'hypothèse newtonienne: cependant, ils ont cédé aux possibilités de construction nouvelles que leur offrait la métrique relativiste, ou les compositions discontinues de la physique quantique. La rationalité du système pensé l'emporte sur les tendances du sujet pensant. D'une autre manière les philosophies idéalistes s'efforçaient de distinguer l'objectif rationnel de la recherche, la loi de vérité ou les critères de la vérité, de tous les motifs psychologiques, occasionnels de celle-ci. Mais ils séparaient à l'excès sans doute l'idéal de vérité de la raison des vérités que rencontre et que traite effectivement la connaissance: il y avait peut-être un accord théorique entre l'idéal mathématique que poursuivait l'analyse et l'idéal du déterminisme physique, mais en fait la science a dû choisir d'autres modèles mathématiques: les modèles probabilitaires de la

[1] En France, nous avons l'exemple de l'idéalisme de Léon BRUNSCHVICG, qui attribuait aux mathématiques le pouvoir de renouveler constamment la forme et le sens des lois, de manière à assimiler des expériences toujours nouvelles. Plus connu est l'idéalisme phénoménologique de HUSSERL: en un sens, la vérité est toujours irrélative: elle est définie par des intelligibles, des « essences », dont la connaissance est l'accomplissement. Mais, les énoncés expérimentaux, qui réalisent les essences en les élucidant, n'ont jamais fini d'être rectifiés, reconstruits, de sorte que la mise en pratique de la vérité est toujours relative.

physique et de la sociologie, qui étaient plus proches des déterminismes effectifs, concrets et limités, que lui présentait la réalité.

Ces remarques nous montrent peut-être en quel sens les sciences axiomatiques et structurales, en même temps qu'elles affirment leurs procédés propres, appellent une révision de nos traditions philosophiques. Nous avons à serrer de près les démarches d'une science qui est consistante sans avoir de repère absolu, mais qui trouve ses assurances dans le progrès même de ses structures, la reconstruction de ses concepts, la confrontation de ses modèles symboliques, mathématiques, avec les états de choses que les techniques expérimentales font apparaître. La science est, comme le disent les philosophies humanistes, un projet toujours ouvert de vérification. Mais cela ne veut pas dire que le sujet pensant, le sujet psychologique ou rationnel, dispose librement et constamment des concepts qu'il utilise dans la science: ses concepts suivent le destin des structures en voie de formation et d'établissement, la dialectique renouvelée des modèles et des faits: les visées du sujet pensant sont soutenues et contrôlées par le destin objectif des formules et des techniques de vérification.

b) Ainsi les témoignages d'une épistémologie structurale interférent avec les vues traditionnelles des philosophies humanistes: elles nous obligent à préciser davantage le lien du projet de connaissance avec les conditions objectives, formelles et expérimentales, de sa réalisation. Mais il est un autre domaine où sciences structurales et philosophie humaniste ont à se confronter: il s'agit du domaine des « sciences humaines » proprement dites: la philosophie postule certaines propriétés qui appartiennent à l'homme, comme un être différent des êtres de la nature: il est source d'activité, ses comportements ne sont pas causés de l'extérieur, mais ils sont motivés par des fins librement poursuivies. Or les sciences qui prennent pour objet de leur étude l'homme concret, psychologique, économique, social, cherchent avant tout à objectiver, à conditionner les comportements humains, comme nous le notions au § I. La question se pose, si ce dessein d'objectivité va contester, ou seulement réviser ou compléter, les postulats d'une philosophie humaniste.

Soyons plus précis. Il est bien certain que les sciences structurales, quand elle analysent, et mathématisent au besoin, les correspondances entre situations et comportements, « mettent en suspens » le sujet; elles ne le considérent jamais comme une totalité unique, indivisible, accessible à la seule compréhension. Elles intègrent, dans les rapports fonctionnels qu'elles établissent, certains facteurs généraux, susceptibles de gradation, qui caractérisent l'« agent » des comportements. Elles composent ces facteurs avec les autres facteurs, qui caractérisent les situations extérieures à l'agent. Ainsi, d'une certaine manière, tout ce qui est sujet est « neutralisé », rendu homogène à l'objet. Ainsi dans la loi fondamentale de l'apprentissage, $H = K^{-hN}$, nous avons,

en exposant, un facteur N, qui est un facteur de situation: le nombre de répétitions, et un facteur h, qui mesure la capacité de l'agent. Les deux sortes de facteurs se combinent pour donner cette caractéristique de la conduite, la force H de l'habitude.

Si telle est la condition indispensable d'une méthode objective, on peut rétablir les droits d'une philosophie de l'homme d'une manière simple, et qui est souvent adoptée par les doctrines phénoménologiques: on peut marquer les limites de la méthode objective: elle est valable, approximativement, pour décrire la part de la conduite de l'homme qui s'organise selon le mécanisme, selon la force des réflexes, des habitudes, des conditionnements. Il restera toujours une part de la conduite qui peut être envisagée d'une autre manière, comme le domaine des choix, de la spontanéité non conditionnée, et cette part ne peut être comprise qu'à l'aide des approches intuitives, compréhensives. Nous trouvons cette volonté de limiter les méthodes structurales aussi bien chez les psychologues inspirés par la phénoménologie, comme chez nous Mr. MERLEAU-PONTY, que chez les sociologues qui suivent la même inspiration, comme chez nous Mr. GURVITCH. Que l'on veuille décrire la situation de l'individu qui donne sens à son milieu naturel ou humain, ou que l'on veuille décrire la situation d'une société qui poursuit, en innovant, son projet historique, on se met hors du domaine accessible à l'analyse structurale.

Distinguer ainsi les disciplines, analytiques et compréhensives, qui approchent le fait humain, est sans doute une solution valable, peut-être inévitable. Mais il semble que l'on peut envisager plus directement, et plus profondément, la signification des sciences structurales: en objectivant la conduite de l'homme pour la fonctionnaliser, elle ne la réduisent pas pour autant à l'évènement non-humain, à un évènement de la nature. Dans leurs formules objectives elles-mêmes, elles cernent une part de la finalité de la conduite humaine. Et d'ailleurs, ces formules ne sont pas sans aucun lien avec les formulations qui nous viennent de la phénoménologie, ou des disciplines compréhensives.

Pensons par exemple aux disciplines probabilitaires qui étudient une situation « perspective », une situation de décision et de choix: un agent économique doit gérer une entreprise de manière à assurer à celle-ci un rendement suffisant. Ces disciplines perspectives n'appliquent nullement, comme le ferait un physicien, le calcul à des composantes mécaniques, causales, pour établir, à partir des conditions matériellement définies, quel sera le résultat le plusprobable. Leur analyse sera placée d'emblée sous le signe de certains « optima », de certaines valeurs. La prospective étudiera une décision compte tenu de l'espérance du gain, des précautions techniques qui caractérisent la tactique de l'agent, et compte tenu des probabilités d'échec (que l'on appelle aussi « tactique de la nature »). Ce sont là des optima positifs et négatifs. Et encore faudra-t-il, pour que la fonction probabilitaire soit déterminée,

qu'elle définisse un certain type de « stratégie » choisie par l'agent: par exemple: celle qui assure la satisfaction la plus élevée compatible avec la tactique de la nature la plus défavorable[1]. Il s'agit d'un nouvel optimum. Nous pourrions interpréter cet exemple en notant bien que les sciences humaines postulent, dans leurs formules mêmes, l'existence de la finalité de la conduite (en même temps qu'elles visent à servir, à assurer cette finalité), et qu'elles inventent, pour cerner cette finalité, des modèles mathématiques tout autres que ceux dont se servent les sciences de la nature.

Notons aussi que la science emprunte les facteurs qu'elle fait entrer dans les synthèses fonctionnelles à des niveaux différents ou étagés de la causalité psychique. Fonctionaliser ne signifie nullement réduire l'édifice psychique à son étage de base, où les relations sont de la nature du lien du stimulus au réflexe. Cela signifie intégrer les systèmes, en tenant compte de l'insertion des systèmes élémentaires dans des systèmes plus larges et d'ordre plus élevé. Ainsi, dans la mesure où l'organisation personnelle ou sociale est une hiérarchie de niveaux, de liaisons, cette hiérarchie a moyen de s'exprimer dans le formulaire d'une science exacte. Le psychologue de l'apprentissage, par exemple, ne se contentera pas de noter l'influence des séries de réussites ou d'échecs, de leur fréquence, sur l'apprentissage. Il notera aussi l'influence d'un facteur personnel - celui que LEVIN appelait le « niveau d'aspiration »: il chiffrera ce facteur, dont dépend le résultat plus ou moins dépressif ou stimulant des échecs.

Ce que nous avons dit, c'est que certaines des catégories caractéristiques des faits humains - la finalité, la totalité - peuvent recevoir une image objective dans l'analyse scientifique. Il faudrait ajouter à cela que, grâce à l'analogie qui règne entre les structures qu'elles décrivent, les méthodes analytiques et les méthodes compréhensives peuvent se transmettre des vues, des schémas, des enseignements. Nous venons de parler de la contribution de l'école LEVIN à la psychologie de l'apprentissage. Elle partait de certains postulats, de source phénoménologique, selon lesquels la personnalité intervient comme un tout plus ou moins unifié dans chacune de ses conduites. Ce postulat l'a aidée à compléter l'analyse technique de l'apprentissage, à démontrer que la tension qui porte le sujet vers l'achèvement d'une tâche favorise la remémoration de celle-ci. Nous avons opposé au début les méthodes objectives et compréhensives. Mais d'une certaine manière elles se complètent et se prolongent l'une dans l'autre.

Une analyse structurale atteint les faits humains sous un aspect de généralité, de normalité. Elle n'atteint pas le coeur de la subjectivité. Mais elle respecte les dimensions fondamentales de la conduite humaine, et elle éclaire, mieux que ne le ferait la description, la corré-

[1] Il s'agit de la formule de « maximin »: s' = (max *T'i*, min Tj) (sij). Où «s'» est la satisfaction acceptée, «T'i» la tactique de l'agent, «Tj» la tactique de la nature, et «sij» le gain probable du sujet correspondant à ces deux tactiques.

lation complexe des conditions et des fins. Il est possible même qu'elle dessine pour nous une image concrète de la liberté humaine, qui restait inaperçue des philosophies trop dogmatiques: elle nous montre l'activité s'exerçant dans la limite des situations, des conjonctures; jamais gratuite, jamais déterminée, mais soumise au choix dans un cadre de possibilités. Cette image concrète nous éloigne de l'image théorique que nous donnait une philosophie oscillant entre le libre arbitre entier ou la nécessité entière.

c) Ainsi, l'étude de la conduite humaine est un domaine où les idées de la philosophie de l'homme peuvent se confronter aux apports des sciences. Mais il est peut-être une sphère étroite de cette étude où la confrontation devient particulièrement directe: c'est celle des conduites verbales, linguistiques. En effet nous atteignons, avec le langage, un des points d'attache de toute « philosophie du sujet »: celle-ci voit dans le langage le support concret du sens, et particulièrement des significations qui se réfléchissent pour se communiquer. Mettre en avant l'étude du langage, une étude objective des structures de celui-ci, c'est donc reconsidérer la situation de l'homme pensant.

Les doctrines structuralistes modernes ont été profondément influencées par la Linguistique, qui, depuis DE SAUSSURE, s'attache à montrer que notre représentation du monde, la distinction des choses, des idées, des valeurs, est dépendante de l'articulation de notre langue et des distinctions de notre vocabulaire: la « séméiologie » n'est pas, comme le pensait l'ancien empirisme, une doctrine des sensations, des images, mais avant tout une doctrine du langage. Si l'on peut parler d'un « nouveau Structuralisme », qui s'écarte de l'ancien Structuralisme (la doctrine de la Gestalt de KOEHLER, WERTHEIMER, etc), la différence est dans l'importance plus grande que le premier accorde au fait linguistique. La Gestalt psychologie cherchait la base de ce qui a sens pour l'homme dans les rapports entre la conduite du vivant et l'environ perceptif de son action, tandis que le nouveau Structuralisme cherche cette base dans les rapports de l'homme au monde médiatisés par le milieu social du langage.

Si la représentation est subordonnée aux structures de la parole, il est évident que toute une part des conceptions philosophiques, idéalistes ou empiristes, qui partaient de la représentation comme le fait primordial, est à redresser. Ce qui intéressera le philosophe, plus encore que les recherches de la morphologie ou la syntaxe pures, ce seront les recherches faites en vue de donner une base concrète, du côté de l'individu ou de la société, aux structures du langage: la psycho-linguistique ou la socio-linguistique. Ainsi les psychanalystes, comme Mr. LACAN, étudient les formes caractéristiques des langages normaux ou des langages de la névrose. Sur un autre plan, les Ethnologues comme Mr. LEVI-STRAUSS analysent le vocabulaire, la syntaxe, les formes mythologiques du langage des sociétés primitives: ils cherchent

à montrer comment les traits fondamentaux de l'organisation sociale, de la dynamique des échanges sociaux, transparaissent dans les traits de ces langages. Cette étude psycho-ou socio-linguistique des structures du langage donne à la notion de « signification » une nouvelle dimension, à peu près inconnue de la philosophie classique: les significations « formulées », qui sont sous l'emprise du langage, deviennent dépendantes des significations « informulées », inhérentes à la vie, à la pratique, qui contrôlent les formes du langage.

Remarquons ici que ces recherches d'une linguistique explicative ne sont pas sans analogie avec certaines des recherches que font les logiciens modernes qui s'inspirent aussi des points de vue linguistiques: ils font aussi une tâche de concrétisation. Ils dépassent la conception théorique selon laquelle un langage, considéré dans son essence logique, est capable de donner à chaque signe une signification parfaitement définie. Ils distinguent les traits d'un « langage en formation », où le sens des mots varie à mesure que s'étend le domaine et l'enchainement de leurs références. (Nous pensons aux mots-clefs de notre langage scientifique, « masse », « onde », qui ont changé de référence et de sens à mesure qu'ils passaient de la langue commune à la langue scientifique, ou de l'une à l'autre des langues scientifiques.) Finalement, ils adossent volontiers la « sémantique logique », qui comporte des expressions bien définies et objectivement vérifiables, à une « pragmatique » du langage, dans laquelle le sens des expressions est liée à l'usage de fait que leur donne une collectivité historique de sujets parlants et pensants: un terme comme « implication » peut recevoir un sens logique bien circonscrit, mais un mot comme « déterminisme » n'a pas un sens fixable en dehors des étapes successives de l'opinion scientifique.

Ainsi, du côté de la linguistique et du côté de la logique, un effort est fait pour concrétiser les structures du langage, pour marquer les liens qui les unissent aux réalités psychologiques ou historiques, à la « praxis » humaine. Ces recherches vont certes à l'encontre d'une conception trop abstraite ou trop « idéaliste » du langage: celle-ci confondrait d'emblée le sens formulé par ses phrases avec la formulation d'une « vérité », ou elle suspendrait d'emblée ses expressions au pouvoir d'un Logos, d'une raison universelle. Ecarter ces abstractions, ce n'est pas nier, autant qu'il nous semble, la fonction logique du langage: les clauses qui favorisent la communication exacte ou la vérification des énoncés, le progrès que peut réaliser le langage vers les tâches de connaissance ou de vérité. Mais c'est surtout reconnaître que ces pouvoirs du langage sont « conditionnés », qu'ils dépendent du statut réel de l'individu et de la société, et qu'ils se développent eux-mêmes au cours d'une progression et d'une histoire effective.

Peut-être les apports des sciences structurales du langage aideront le philosophe à faire certaines distinctions indispensables, à mieux fixer les pôles extrêmes entre lesquels s'exerce l'activité du langage:

nous opposerons et nous relierons ainsi « opinion » et « vérité », « expression » et «signification ». D'abord, la vérité se dégage de l'« opinion »: sciences humaines et logique concrète nous montrent la part de la « doxa », du « consensus », qui marque les attaches du sujet parlant à une situation sociale et culturelle donnée: ces modes de l'opinion constituent pour ainsi dire l'« hypothèse » de base à partir de laquelle se développent les propositions qui sont capables de se vérifier, de s'authentifier, grâce aux disciplines de la science, de la technique, ou des usages collectifs réfléchis et contrôlés. Très généralement on peut admettre qu'une culture repose sur des assertions fondamentales sur la réalité ou la valeur, qui se modifient ou rectifient à mesure que se développent les expériences politiques, économiques, sociales. D'autre part, un langage que l'on expliquerait uniquement par ce qu'il « signifie » et « vérifie » serait une sorte de fantôme logique. Le « langage naturel « exprime » autant qu'il « signifie »: il a derrière lui l'existence des individus ou des sociétés qui entrent dans la communication. Le langage de l'art, par exemple, symboliserait bien cette nature complexe où « l'expression » et la « signification » se lient, car il témoigne des épreuves concrètes qu'un certain individu, dans un certain contexte social, fait du monde naturel et humain, mais il fait passer cette épreuve dans des symboles qui ont une certaine valeur d'intelligibilité, de communicabilité, de permanence. S'il en est ainsi, l'analyse structurale, qui donne à l'exercice du langage toutes ses références à la réalité, ne ferait pas disparaître la finalité du langage, l'effort de l'homme parlant pour connaître, signifier et communiquer, mais elle nous ferait mieux connaître les conditions, qui limitent et soutiennent l'exercice de cette finalité.

III.

Nous avons groupé, dans le § précédent, quelques thèmes de réflexion autour d'un sujet central: les sciences structurales, tant par la méthode qu'elles emploient que par les connaissances qu'elles nous donnent sur l'homme, peuvent amorcer une philosophie nouvelle, ou, plutôt, la révision de certaines vues de notre tradition philosophique. La démarche rationnelle que poursuivent ces sciences nous rend plus manifeste la manière dont la connaissance du réel progresse au cours de l'élaboration des techniques symboliques et expérimentales dont les « structures » représentent la coordination et l'équilibre: en ce sens, la structure remplace l'« idée » de la philosophie classique (cf § *a*). D'autre part les renseignements que ces sciences nous apportent sur les systèmes de conditions dans lesquelles s'organisent la conduite et le langage de l'homme nous apprennent comment l'activité s'inscrit dans son cadre physique ou social, dans le temps incompressible des processus et des genèses: la liberté réelle est une liberté située, condi-

tionnée (cf § *b* et *c*). S'il fallait indiquer les traits d'une « philosophie des structures », qui serait l'interprète des sciences de structures, nous pourrions lui attribuer cet objectif général, de « concrétiser » davantage le sens de la pensée et de l'agir: elle ne concevrait pas l'oeuvre de la connaissance sans la relier à l'invention effective des structures symboliques et techniques; elle comprendrait les initiatives de l'homme agissant et parlant en les fondant dans tout le contexte psychique ou social, historique de cette activité.

Ainsi on pourrait voir, dans le projet d'une « philosophie structurale », un essai pour prolonger et renouveler les thèmes d'une philosophie humaniste. Cependant, toute ambiguité n'a pas disparu dans l'argument que nous avons développé, car il nous a menés tour à tour dans des directions différentes. Résumons, si l'on veut, cette discussion, dans un « paradoxe » final: en examinant celui-ci, nous comprendrons mieux les implications d'une « philosophie structurale ». Dans la mesure où celle-ci marque les attaches de la pensée ou de l'activité dans les « situations » ou les « modèles » où elle se réalise au cours du temps, elle va dans le même sens général que les philosophies « humanistes »: celles-ci montrent le statut relatif des vérités et des valeurs: elles sont relatives aux progrès et étapes d'une tâche que l'homme accomplit dans le monde et dans l'histoire. Mais en même temps, nous avons rencontré des points de rupture, où les orientations d'une philosophie structurale et celles d'une philosophie humaniste semblent diverger. La première ne met pas en avant, comme le fait la seconde, le « sujet pensant », mais le « déterminisme » des systèmes logiques et expérimentaux; elle ne met pas en avant non plus le sujet libre, mais l'aménagement fonctionnel des conditions de l'action: elle est la philosophie de certaines « objectivités », alors que l'humanisme est avant tout « philosophie du sujet ». Ces solutions contradictoires nous obligent à réexaminer à nouveau les thèmes directeurs d'une philosophie des structures.

Essayons d'abord de forcer l'opposition des thèses, en majorant l'aspect « objectiviste » d'une philosophie des structures scientifiques. Si nous disons, comme au § *a*), que la connaissance s'enferme dans des modèles mathématiques et expérimentaux qui prévalent successivement, pouvons-nous conserver l'idée d'une « raison universelle », c'est-à-dire d'une direction rationnelle qui survole et oriente les progrès de la connaissance? Si nous ajoutons, comme nous l'avons fait au § *b*, que l'être psychique et social est un complexe de structures qui se forment et se défont pour rester en équilibre avec leur contexte naturel, pouvons-nous garder à l'évolution historique un « sens », le considérer comme un projet de la liberté? Ou encore, en concevant comme au § *c* le langage comme une expression assujettie aux dominantes de l'existence individuelle et collective, nous est-il permis de voir en lui une fonction du « logos », d'une pensée capable de vérité,

d'universalité? On le voit, il y a un certain nombre de concepts téléologiques, inséparables d'une philosophie du sujet: le concept de raison, de sens, de progrès historique, qui semblent compromis par les analyses structurales. En un mot, si les représentations et actions de l'homme sont enfermées dans des structures et modèles qui se succèdent, de manière discontinue, dans le temps, la science bien pourra faire un historique des types, une logique des langages successivement attestés. Mais, comme aucune signification directrice ne liera les phases de cette histoire, comme celle-ci prendra le caractère des suites causales et contingentes, il ne sera plus possible de donner à l'histoire un « Sujet », un « sens » véritable. On conçoit, sur ces bases, que certains courants « structuralistes » contemporains puissent voir, dans le développement du thème de la structure, une abolition de la tradition humaniste de la philosophie.

Cependant, les observations que nous avons faites au cours de cet article nous conduisent vers des conclusions assez différentes: nous avons cherché, plutôt, à maintenir un lien entre les thèmes d'une philosophie des structures et les thèmes d'une philosophie humaniste. Nous venons de forcer l'argument, de manière à mettre en opposition le point de vue « objectif » et le point de vue « subjectif », mais il nous faut revenir à l'argument tel que nous l'avons effectivement suivi, et qui nous offre certaines médiations possibles entre les points de vue. En somme, le thème majeur de notre argument n'était pas l'opposition du sujet et de l'objet, du sens et du non sens; c'était plus précisément l'opposition de l'abstrait et du concret, de l'idéal et du réel. Si une « philosophie structurale » peut contester ou rectifier certains thèmes de l'humanisme philosophique, c'est dans la mesure où elle refuse un usage abstrait de l'idée de pensée, de liberté, qui serait envisagée hors de toutes conditions définies: l'acte de connaissance ne peut s'effectuer hors de structures logiques et techniques déterminées, et, de manière analogue, l'activité est solidaire d'une organisation réelle, faite de comportements et d'expressions qui sont en prise sur un contexte réel: nature, société et histoire.

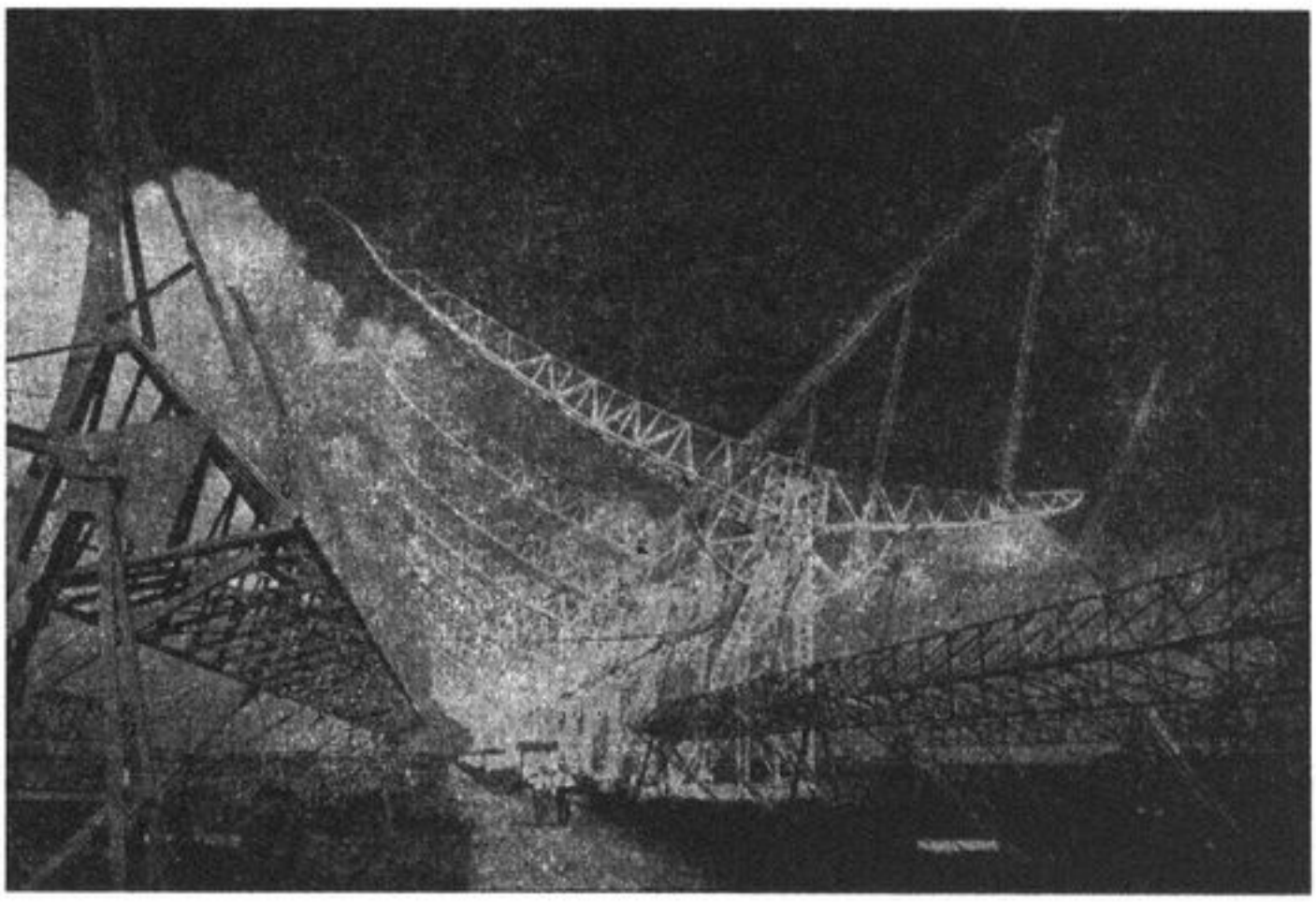
Ainsi (comme nous le disions au § *a*) la philosophie scientifique peut conserver l'idée d'un « projet rationnel », d'une « vérité continuée », à condition de bien marquer que ce projet est tributaire des techniques formelles et pratiques, est astreint à suivre les dialectiques qui opposent les modèles mathématiques entre eux et avec l'expérience. Et de même, dans les § b et c, nous n'avons pas écarté davantage l'idée d'une finalité de la conduite, qui se libère de son milieu en le réglant, ni d'une destination du langage, qui s'élève, pour signifier et exprimer, au-delà de la contingence des situations. Mais ces termes finalistes ne peuvent être employés par une philosophie scientifique qu'en liaison avec les contraintes de fait que rencontre la liberté, avec les moyens de fait dont elle dispose pour les régler, en liaison avec les situations histori-

ques déterminées qui motivent et solllicitent la visée d'expression. En un mot, dire que la science « objective » les faits humains, cela ne veut pas dire qu'elle exclut le sujet et le sens, cela veut dire surtout qu'elle concrétise ou conditionne leur situation. Elle contraint la philosophie à ne pas employer les termes évoquant la liberté humaine comme s'ils signifiaient un dépassement, une négation de la réalité, du temps, mais à penser ensemble liberté et réalité, projet et situation. Ou encore, il s'agirait de ne pas séparer les perspectives de la philosophie de celles de la science, mais de les conjuguer, d'accorder aux sciences de l'hommes la tâche de reconnaître le lien de la liberté aux déterminismes, et en même temps le rôle de favoriser, par une meilleure connaissance des déterminismes, les techniques psychologiques, économiques ou sociales qui permettent de les régler.

Ainsi, la science pourrait garder sa fonction humaniste et la philosophie des structures pourrait reprendre à son compte les thèmes d'un rationalisme humaniste. Nous laissons finalement cette éventualité en suspens, car nous ne voulons pas résoudre le problème de savoir si les enseignements de la science peuvent à eux seuls décider d'une philosophie, et d'autre part il nous faudrait approfondir davantage la question de la praxis, de la connaissance et de l'histoire, pour achever cette confrontation de la science et de la philosophie. Bornons-nous à une simple remarque. Les sciences de structures adoptent, dans l'étude des faits humains, une perspective bien différente de celle de la Phénoménologie, qui est une version moderne, concrète de la philosophie du sujet: au lieu de décrire des totalités vivantes, d'éclairer des significations, elles analysent des corrélations, définissent des « optima » conditionnés. Cependant, comme elles étudient avant tout des processus formateurs, leurs niveaux, leurs étapes, l'enseignement de ces sciences n'est pas sans analogie avec ceux de la Phénoménologie, qui nous montre des rationalités naissantes, des significations liées aux situations et au temps. HUSSERL, finalement, caractérise la rationalité comme une tendance qui, dans l'histoire, se dégage de la doxa, de la praxis, se reprend sur celle-ci sans en épuiser jamais le fond. C'est, d'une manière parallèle aux points de vue d'une science ou d'une philosophie structurale, dessiner les traits d'un Humanisme concret.

Lille, Université, Faculté des Lettres et Sciences Humaines.

N. MOULOUD



RADIOTELESCOPIO DI MEDICINA
(Bologna)

Il telescopio, che è destinato a studi di identificazione e di alta risoluzione di deboli sorgenti radio, è costituito da due antenne lunghe ca. 1200 m e larghe 30 m formanti una « Croce di Mills ».
Il ramo Est-Ovest è un cilindro di fili conduttori sostenuti da centine paraboliche rotanti. Le centine sono distanziate di 23,5 m eccetto che per il tratto centrale dove è lasciato un intervallo di 47 m, attraverso il quale passa il ramo Nord-Sud.
Il ramo Nord-Sud sarà formato da 128 riflettori cilindrici parabolici, ciascuno largo 7,5 m e lungo 47.0 m, disposti paralleli tra loro con intervalli di 9,5 m tra i loro assi di rotazione.

La progettazione dello strumento è stata effettuata da personale dell'Istituto di Fisica dell'Università di Bologna, mentre la progettazione, la costruzione ed il montaggio delle strutture metalliche sono stati realizzati dalla SAE S.p.A. di Milano.

SAE s.p.a. - Milano - Via G. Fara 26 - Tel. 6235

AESSE

Apparecchi e strumenti scientifici ed elettrici

Corso Lodi 47 - Telefoni: 580.792 - 580.907

20139 MILANO

BARLETTA

APPARECCHI SCIENTIFICI
20121 MILANO - Via Fiori Oscuri, 11
Telefoni 865.961 - 865.963 - 865.965

Apparecchi scientifici per analisi, controlli e ricerche nei campi della chimica, fisica, meccanica, elettronica, energia nucleare - Calcolatori elettronici analogici - Mobili moderni da laboratorio.

MAGNETI MARELLI

EQUIPAGGIAMENTI ELETTRICI E PNEUMATICI PER AUTO MOTO AVIO
RADIORICEVITORI
TELEVISORI
TELEVISIONE A CIRCUITO CHIUSO
ELETTROACUSTICA
COMPONENTI ELETTRONICI

FABBRICA ITALIANA MAGNETI MARELLI
1, VIALE ITALIA - SESTO S. G. (MILANO) ITALIA - C. P. 66 - TELEF. 24.70.091

OFFICINE GALILEO

50134 FIRENZE
Via C. Bini, 44

Pompe e apparecchiature per Alto Vuoto - Strumenti elettrici di misura da quadro, portatili e da laboratorio - Strumenti ottici, scientifici e per laboratorio - Strumenti topografici e fotogrammetrici.

Dott. Ing. GIUSEPPE TORNO & C. S. p. A.

Via Gen. Albricci 7 - MILANO - Tel. 802.741 (5 linee)
Impresa di Costruzioni e Consulenze

Costruzioni idrauliche, idroelettriche, stradali, industriali, elettronucleari.
Progettazione ed assunzione di lavori all'estero.

Acciaieria e Tubificio di Brescia

25100 BRESCIA - Via F.lli Folonari 26
Telefono 53.361 Telex: 30036 ATUB

Condotte forzate per impianti idroelettrici - Corpi di caldaia - Torri e recipienti a pressione Bombole per gas compressi.

PONTEGGI TUBOLARI DALMINE INNOCENTI S.p.A.

Direzione: 20121 Milano - Piazzetta Bossi, 1
Stabilimento: 20147 Milano - Via Gonin, 25
Uffici Agenzie e Depositi in tutta Italia
Consociate e Rappresentanti all'Estero

Strutture tubolari smontabili in acciaio per tutte le applicazioni - Ponteggi a telai prefabbricati - Casseforme metalliche - Travi telescopiche - Puntelli regolabili - Crociere - Travi pesanti componibili per grandi getti in c. a - Scaffalature

SORIN

Società Ricerche Impianti Nucleari
13040 SALUGGIA (Vercelli)

RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA - INGEGNERIA NUCLEARE - IRRAGGIAMENTI GAMMA E NEUTRONICI - RADIOISOTOPI E ATTREZZATURE RELATIVE PER USO MEDICO E INDUSTRIALE.

NISTRI AMI ROMA

Strumenti aerofotogrammetric - Strumenti di bordo per l'aeronavigazione e controllo motori - Impianti per l'ossigeno liquido e gassoso per uso aeronautico - Sistemi di navigazione autonoma - Apparecchiature ottico-meccaniche ed elettroniche - Contatori elettrici, monofase, trifase, speciali e di controllo - Tassametri - Parchimetri.

DUCATI ELETTROTECNICA MICROFARAD S. p. A.

40132 BOLOGNA - Via M. E. Lepido, 178

Condensatori per radio TV ed elettronica - condensatori per rifasamento industriale - tuner VHF e UHF - relais - circuiti logici - volani magnete e alternatori.

olivetti

Macchine per scrivere - Addizionatrici
Calcolatori scriventi - Macchine contabili
Macchine per contabilità e statistica
Telescriventi - Schedari e classificatori
Mobili metallici - Macchine utensili di precisione

IMPRESIT - GIROLA - LODIGIANI

IMPREGILO S. p. A.

Via G. Negri, 4 - 20123 MILANO

STUDIO, PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE ALL'ESTERO DI IMPIANTI IDROELETTRICI E DI GRANDI LAVORI DI INGEGNERIA CIVILE.

DEL MONEGO S. p. A.

20121 Milano, Piazza Repubblica 8
Tel. 637389/637502 - Telex 32574 Termotec

Generatori di vapore a media e alta pressione, lic. Steinmuller;

Caldaie di ricupero, lic. Steinmuller;

Essiccatoi e forni verticali e orizzontali, lic. Bartlett-Snow-Pacific;

Bruciatori di nafta, gas, carbone per forni e caldaie industriali.

RECENSIONI - COMPTES RENDUS - BOOK REVIEWS BUCHBESPRECHUNGEN - ANALISIS DE OBRAS

M. Villa e vari collaboratori. - *Matematica moderna nelle Scuole secondarie superiori.* Un vol. in-8, di XVIII-596 pagine, con figure e tabelle. Casa Editrice Prof. Riccardo Pàtron, Bologna, 1966. Prezzo, non rilegato, L. 7.500.

Pour donner une idée de ce beau livre, si intéressant, nous passerons rapidement en examen les monographies que le composent.

Partie lère - Art. ler: Les notions générales de l'algèbre abstraite: Mario Baldassarri. On expose les éléments de la théorie des ensembles. Relations d'ordre et d'équivalence. Opérations et structures. Applications à l'arithmétique: l'ensemble des entiers et celui des rationnels. Hélas, pour indiquer ces ensembles, on utilise des symboles différents de ceux du formulaire de Peano, utilisés également par Burali-Forti, Cassina, Padoa, Russell, etc. Nous rappelons les symboles à employer (au moins par les mathématiciens italiens): N pour les nombres naturels; N_o pour les entiers, y compris zéro; R pour les rationnels absolus et r pour ceux relatifs; Q pour les nombres réels absolus et q pour les réels relatifs. Hélas, même les symboles logiques diffèrent de ceux du Formulaire: la multiplicité des symboles engendre de la confusion. Ces considérations valent également pour les articles successifs.

Art. 2e - Structures algébriques fondamentales: Ugo Morin.

On expose d'une façon claire et élémentaire la théorie des groupes, anneaux, corps; et, depuis, la notion d'espace vectoriel. L'article se termine sur une mention à l'Algèbre de Boole (1815-1864). Il y a une grande multiplicité de symboles, difficiles à rappeler; sont ils tous nécessaires?

Art. 3e - Les transformations élémentaires et leurs groupes: Mario Villa. Elles sont étudiées avec l'aide des coordonnées, les transformations géométriques élémentaires sur la droite et sur le plan (et entre deux droites ou deux plans): similitudes, égalités, affinités, centre-affinité (qui ont un même point uni), inversion dans le plan. Les similitudes et les correspondances, produit d'une similitude par une inversion, s'appellent affinités circulaires, parce qu'elles sont les uniques correspondances, (généralement biunivoques) dans le plan, qui transforment circonférences, et droites, en circonférences.

Art. 4e - Ensembles de points d'une droite ou d'un plan ou de l'espace euclidien: Tullio Viola.

En particulier on définit les ensembles clos, reliés, continus et on en donne des exemples appropriés.

Partie 2e - Art. 5e: La logique mathématique: Tullio Viola.

Il se limite au calcul des propositions. Il faut noter que l'on ne suit pas le symbolisme de Peano, mais celui de D. Hilbert et W. Ackermann (Grundzüge der theoretischen Logic; Berlin, 1928). A la fin, il y a une indication au calcul logique des ensembles (calcul des classes sel. Peano).

Art. 6e - Sur la structure logique de la géométrie: Luigi Campedelli.

Article très clair dans lequel on démontre comment la géométrie est un système hypothétique - déductif. On fait une mention aux géométries non euclidiennes (mais celle de la relativité générale est elliptique, non hyperbolique); et enfin, on s'élève à des problèmes élevés comme la complétude d'un système hypothétique-déductif, et à la valeur de la pensée mathématique.

Art. 7e - L'indépendance du postulat d'Euclide: Mario Villa.

Etant faites certaines remarques historiques, on expose le modèle connu de géométrie hyperbolique, imaginé par Felix Klein, comme une cônique plane (cercle), non compris le périmètre. Pour démontrer que sont valides les postulats du mouvement, outre à ceux d'appartenance et d'ordre, on recourt à une homographie plane qui transforme le cercle en soi. Puisque dans le modèle ne s'applique pas le postulat d'Euclide, est démontrée l'indépendance de celui-ci par rapport aux autres postulats.

Art. 8e - Géométrie élémentaire de Ugo Morin.

Les parties essentielles de la géométrie élémentaire sont développées dans l'espace, qui embrasse la géométrie du plan. On a fait usage de la théorie des ensembles et de l'algèbre abstraite. En outre, on introduit les coordonnées sur la droite, puis on étudie l'espace vectoriel abstrait et l'espace euclidien.

Partie 3e - Art. 9e: Trigonométrie: Pietro Buzano.

C'est une exposition originale totalement différente des expositions habituelles. Etant rappelées les propriétés principales des vecteurs dans un plan, et le théorème qui donne le carré d'un côté dans un triangle, on définit le produit scalaire de deux vecteurs, et on introduit le cosinus de leurs directions comme le produit scalaire divisé par le produit des modules. Le sinus d'un angle est défini comme le cosinus de l'angle complémentaire, et la tangente comme le rapport entre sinus et cosinus. En ce point, on établit les formules géométriques et les principaux théorèmes trigonométriques.

Art. 10e - Eléments sur la série de Fourier et sur la transformation de Fourier: Giovanni Ricci.

Ce sujet est plus élevé que les précédents, mais l'A. a su le rendre plus facile, en le faisant précéder de quelques exemples particuliers de fonctions périodiques et en rappelant certaines formules intégrales pour les fonctions circulaires. Enfin, on a un tableau des fonctions avec les développements relatifs.

Partie 4e - Art. 11e: Programmation linéaire: Giovanni Ricci.

On considère des problèmes économiques concrets, tels que ceux de décision et de choix dans des maisons industrielles et commerciales. Il s'agit

en général de rendre maximale ou bien minimale une certaine quantité, p. ex. minimum un coût, maximum un profit, etc. L'A. traite d'abord de systèmes de déséquations linéaires à deux variables avec les schémas graphiques appropriés; puis de fonctions linéaires à deux variables, avec des rappels à des cas plus généraux. Cela étant posé, il expose 5 problèmes intéressants de programmation. Il termine par la méthode du simplex.

Art. 12e - Notions sur le calcul automatique et sur les calculateurs électroniques: Giuseppe Evangelisti.

L'art. s'ouvre sur une indication historique qui, en partant du boulier, mentionne la machine de Pascal (1642), de Leibniz (1672), aux tentatives de Babbage à l'aube du 19ème siècle, pour parvenir aux modernes calculateurs électroniques, qui, depuis le premier (Univ. de Philadelphie, 1945) ne cessent de se perfectionner de manière impétueuse. On sait que les calculateurs modernes les plus puissants, peuvent effectuer des calcul d'une extrême complexité, composés de millions d'opérations, à une vitesse vertigineuse. Mais l'intervention du moyen électronique, qui a rendu possible ces résultats, a exigé une modification dans la technique du calcul assez profonde pour entraîner à sa suite même le système de numération (système binaire). Suit une revue des idées informatrices, parce qu'une description des réalisations techniques serait impossible au niveau élémentaire et trop longue.

Art. 13e - Eléments de calcul des probabilités: Luciano Daboni.

Après quelques notions préliminaires de logique (Chap. ler) s'éclaircit le concept de probabilité, et s'établissent les règles de calcul (Chap. 2e); de là on passe au concept de variable aléatoire (Chap. 3e); et on établit la relation fréquence et probabilité d'un événement (Chap. 4e). On fait un large usage des symboles de la logique mathématique.

Art. 14e - Compléments de mathématiques financières: Luciano Daboni.

Ce bref article illustre le principe d'équivalence financière, et offre la représentation géométrique de certaines questions d'intérêt particulier. Il mentionne ensuite les rentes.

De l'analyse qui a été faite, encore que sommaire, ressort clairement l'actualité et l'importance de ce volume. L'édition est excellente; très rares les erreurs d'impression.

Genova, Università.

A. Natucci

Th. De Galiana. - *A la conquête de l'espace.* Un vol. in-16, de 350 pages, avec 85 figures. Larousse, Paris, 1967. Prix, broché, 6 F.

Il s'agit d'un livre de vulgarisation scientifique populaire, dont le niveau se maintient volontairement à la hauteur de la préparation scientifique moyenne de l'homme commun. L'Auteur s'efforce constamment de ne pas employer même les formules mathématiques les plus simples, de ne recourir presque

jamais à des expressions techniques ou aux connaissances de la physique élémentaire, et il s'aide, pour l'explication du contenu, d'illustrations souvent assez bien réussies. Chaque sujet est traité sous le profil historico-anecdotique et une grande importance est donnée aux épisodes curieux et aux chiffres « astronomiques », qui représentent le coût des expériences décrites, à ces choses, à savoir, qui font le plus d'impression sur le public.

Après une brève introduction, l'Auteur décrit les dangers et les surprises que l'homme rencontrera dans l'espace, et après avoir largement illustré le véhicule, qui emportera les astronautes loin de la Terre, il nous présente le « sanctuaire » du lancement, à savoir le cosmodrome, avec une considération particulière pour Cape Kennedy. La description des satellites artificiels de presque tous les types lancés occupe la partie centrale de ce petit volume, pour en arriver ensuite à traiter de l'exploration lunaire et du système solaire, en concluant sur un bref regard à l'avenir de l'astronautique, pas du tout convainquant.

Le livre est publié dans la collection de l'Encyclopédie Larousse de poche.

Firenze, Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

R. FALCIANI

I. ASIMOV. - *Understanding Physics.* VOLUME I: *Motion, Sound and Heat.* A vol. in-8, of X-248 pages, with figures. VOLUME II: *Light, Magnetism, and Electricity.* A vol. in-8, of X-252 pages, with figures. VOLUME III: *The Electron, Proton, and Neutron.* A vol. in-8, of X-270 pages, with figures. George Allen & Unwin Ltd., London, 1966. Price, bound, sh. 45 each volume.

Une des difficultés majeures pour la compréhension des concepts scientifiques modernes, en particulier dans le domaine de la physique, est constituée par l'abstraction toujours plus grande du langage basé, d'une manière qui semble inévitable, sur le formalisme mathématique. Ce fait rend difficile aux non spécialistes la possibilité d'une mise à jour dans le domaine de la recherche scientifique avancée qui, d'autre part, se révèle toujours plus importante par le nombre croissant d'applications pratiques à la technologie et à l'industrie.

L'ouvrage en trois volume de Asimov constitue une tentative courageuse d'exposer avec précision et rigueur les nombreux concepts qui sont à la base de la physique moderne sans avoir recours au technicisme mathématique.

Il s'agit d'un vrai traité qui, en partant des lois les plus simples de la mécanique, arrive, à travers l'exposition de l'optique et de l'électromagnétisme, à la physique atomique et nucléaire d'aujourd'hui et à celle des particules élémentaires.

On doit reconnaître que la tentative courageuse d'Asimov a été couronnée par un brillant succès, en ce qu'également des questions très difficiles et délicates (telles par exemple le paradoxe des gémeaux dans la théorie de la Relativité, le dualisme ondulatoire-corpusculaire de la théorie quantique et le problème de l'antimatière) sont exposées d'une manière scientifiquement

rigoureuse, encore que compréhensible également au lecteur non doté de cette préparation spécifique qui est d'ordinaire requise pour la compréhension des textes ordinaires de physique moderne.

Milano, Università, Istituto di Scienze Fisiche «A. Pontremoli».

P. CALDIROLA

E. SCHMIDT. - *Thermodynamics. Principles and Applications to Engineering.* Authorized Translation from the Third German Edition by J. KESTIN. A vol. in-8, of XX-532 pages, with 225 figures and LVII tables. Dover Publications Inc., New York, 1966. Price, unbound, Doll. U.S.A. 3,00.

Reparaît aux éditions Dover l'un des textes les plus diffusés et populaires de thermodynamique. Le livre que s'adresse aux étudiants des écoles d'ingénieurs a des partie d'application très développées. Les principes généraux de la thermodynamique sont exprimés d'une manière simple et claire, de compréhension immédiate à l'étudiant.

Après une introduction sur la température et la quantité de chaleur, sont développés: le premier principe de la thermodynamique, l'état thermodynamique d'un système, le gaz parfait, les cycles thermodynamiques, et le second principe de la thermodynamique. La partie d'applications, qui est la plus valable et la plus originale, concerne l'application des lois des gaz et des deux premiers principes de la thermodynamique aux moteur à gaz, les propriétés des vapeurs, la solidification et les solides, les moteurs à vapeur, les équations d'état des vapeurs, la combustion, l'aflux de gaz et de vapeurs, les turbines et les turbo-compresseurs, la propulsion à réaction. Les principes fondamentaux du transport de la chaleur, le transport de chaleur par rayonnement, les mélanges de gaz et vapeurs.

Sacrifiés apparaissent la thermodynamique chimique et le troisième principe de la thermodynamique, son exposition d'ailleurs aurait exigé un approfondissement plus grand des concepts généraux. La complication due à la multiplicité des unités de mesure utilisées dans ce domaine est surtout évidente dans cette édition anglaise de l'ouvrage. Excellente la présentation.

Milano, Politecnico.

P. CAVALLOTTI

F. SELVAGGI. - *La struttura della materia.* Un vol. in-8, di 286 pagine, con IV tavole. Editrice La Scuola, Brescia, 1966. Prezzo, rilegato, L. 1.400.

Nous conseillons la lecture de ce livre à tous ceux qui, n'étant pas physiciens, sont, d'une façon ou d'une autre, intéressés à l'acquisition d'une idée de l'état actuel de la connaissance physique. L'ouvrage est écrit avec clareté et précision et se laisse lire facilement et agréablement.

Pour ce qui regarde les théories atomiques de la matière et de l'électricité et les théories quantiques, le livre de Mr. Selvaggi a été précédé par une multitude de publications dont quelques-unes ont pour auteurs de grands savants (de Broglie, Planck, etc.). Mais l'actualité de l'ouvrage réside surtout dans l'exposé que l'Auteur fait sur l'état des choses à l'égard des particules élémentaires. L'histoire de celles-ci est bien connue. Après avoir découvert toutes les particules prévues par la théorie et nécessaires à la théorie même, les expérimentateurs ont continué à découvrir de nouvelles particules étranges, ce qui a bouleversé toutes les idées que l'on avait précédemment. Aujourd'hui on cherche une théorie pour expliquer ces entités physiques qui ne peuvent plus être considérées comme simples et élémentaires. L'auteur donne sur ce sujet une excellente exposition exhaustive qui occupe à peu près un tiers du volume entier. L'ouvrage se termine par des considérations relativistes, cosmologiques et épistémologiques.

Firenze, Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

G. CALAMAI

H. B. GRAY and G. P. HAIGHT Jr. - *Basic Principles of Chemistry*. A vol. in-8, of XVIII-596 pages, with color illustrations and tables. W. A. Benjamin, Inc., New York, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 9,75.

L'erseignement de la chimie générale présente une évolution assez radicale, surtout aux Etats-Unis, où l'on publie des livres dont on doit apprécier beaucoup l'efficacité didactique, l'art de conduire l'élève à un niveau assez élevé de connaissances sans le fatiguer inutilement.

Ces livres se caractérisent aussi par le développement accordé à la théorie de la liaison chimique, par l'étude des groupes principaux de composés et des aspects généraux de leur comportement c'est-à-dire la structure et les réactions chimiques.

Le beau livre que nous présentons, après une introduction générale sur les propriétés des substances, sur la théorie des gaz et les équilibres, sur les propriétés ioniques, présente les propriétés périodiques des éléments, la structure moléculaire, les lois des réactions. L'étude a un niveau supérieur de la théorie de la liaison, laquelle suit, commence par une présentation plus complète des fondements physiques, suivie par la théorie moderne de l'atome, des orbitales moléculaires et des niveaux d'énergie dans les phases condensées.

La cinétique des réactions chimiques, la théorie des équilibres, la chimie des composés de coordination, une présentation d'ensemble sur la chimie des non métaux, un groupe d'appendices sur des sujets particuliers, achèvent cet ouvrage, dont les mérites didactiques sont remarquables bien que l'ordre de présentation de la matière soit discutable.

Excellente la présentation typographique.

Milano, Politecnico.

R. PIONTELLI

J. C. INGLE. - *The Movement of Beach Sand.* An Analysis using Fluorescent Grains. A vol. in-8 (Volume V of the Series *Developments in Sedimentology*), of x-222 pages, with 116 figures and tables. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1966. Price, bound, Dfl. 40.

Le Dr. Ingle s'est proposé d'analyser en détail les mouvements du sable du fond de la mer de cinq plages de la Californie du Sud. Les mouvements ont été observés en déterminant le déplacement des grains d'un sable artificiellement coloré au moyen de substances fluorescentes, mêlé, en quantités de quelques kilos par échantillon, au sable du fond marin en différents points des plages. Après avoir décrit avec soin les procédés techniques de coloration du sable, de mise en place du sable coloré, de prélèvement des échantillons, de comptage des grains, l'A. discute ses observations en les mettant en rapport avec les conditions de temps et d'espace des plages examinées: différents cas de mouvement vers la plage et vers la mer, dans la zone du ressac, autour de structure artificielles. Quelques observations sont présentées sur les quantités de sables transportées dans les mouvements. Des appendices de données techniques et une longue liste bibliographique terminent le volume. Les observations et les déductions de l'A. sont certainement très importantes, mais elles le sont beaucoup plus pour les ingénieurs hydrauliques que pour les géologues. Le livre a une excellente présentation.

Torino, Università.

A. DEBENEDETTI

***. - *Solar Radiation.* Edited by N. ROBINSON. A vol. in-8, of XII-348 pages, with many figures and tables. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1966. Price, bound, Dfl. 67,50.

A cause de la mort soudaine intervenue en octobre 1964, de l'Editeur, le Prof. Nathan Robinson, le livre, qui se proposait de donner une vaste information comprenant les théories et les expériences relatives au rayonnement solaire dans son sens le plus large, et sur les aspects fondamentaux des applications de l'énergie solaire ainsi que des informations pratiques sur les mesures de la radiation, et cela en utilisant également le concours de différents collaborateurs, restait non achevé. Toutefois, grâce à différents collaborateurs et amis, le manuscrit fut complété et publié. Les noms des collaborateurs sont: U. Becker, M. Y. Ben-Sira, S. Fritz, F. Möller, W. Schüepp, G. Yamamoto; ils ont contribué dans trois des huit chapitres en lesquels est subdivisé le livre, et précisément le 2, le 3, et le 4.

Le premier chapitre s'occupe de la radiation émise par le soleil, le second des facteurs astronomiques et géographiques qui conditionnent la quantité de rayonnement qui peut atteindre la terre en ses divers points; dans le troisième il est traité des modifications que le rayonnement subit au travers de l'atmosphère terrestre et cela pour les diverses portions du spectre. Dans le chapitre suivant on considère les différents facteurs qui influencent tant le rayonnement direct que celui diffus. Le chapitre cinquième traite de la distribution de l'énergie

THE JOURNAL OF PHILOSOPHY

A BIWEEKLY journal containing philosophical articles of current interest and encouraging the interchange of ideas.

Editors: **John H. Randall, Jr., Arthur Danto, Sidney Morgenbesser, Charles D. Parsons, and James J. Walsh.**

$7.50 a year; to students, $6.00; 50 cents a copy.

NOW AVAILABLE: Cumulative *Fifty-year Index, 1904-1953;* articles classified by subject and author; 452 p., cloth, $12.00. Also, *Ten-year Supplement, 1954-1963;* $3.00 cloth, $2.00 paperbound. Both *Indexes*, bound together, $15.00.

BACK NUMBERS and volumes: 1960 to 1967 (LVII to LXIV), 50 cents/issue, $12/volume; 1940 to 1959 (XXXVII to LVI), 75 cents/issue, $18/volume; 1904 to 1939 (I to XXXVI), $1/issue, $24/volume.

720 Philosophy Hall, Columbia University, New York City 10027

ANNALES DE GÉOPHYSIQUE

MEMBRES CORRESPONDANTS

Sydney CHAPMAN **Sir Harold JEFFREYS** **Marcel NICOLET**

Comité de rédaction: P. AUGER, V. BARANOV, J. E. BLAMONT, L. CAGNIARD, J. COULOMB, A. DANJON, J. F. DENISSE, H. DESSENS J. DUFAY, J. GOGUEL, G. GRENET, Mme H. LABROUSTE, Y. LEGRAND, C. MAURAIN, L. MIGAUX, P. QUENEY, J. ROTHE, P. TARDI, E. THELLIER, E. VASSY.

DIRECTEURS:

Georges JOBERT **André LEBEAU**

Les ANNALES de GÉOPHYSIQUE publient des mémoires originaux, des notes de laboratoire, des rapports et mise au point sur des sujets d'actualité. Elles paraissent par fascicules séparés, 4 par tome annuel.

Prix de l'abonnement pour un an: 70 Frs

L'abonnement part du 1er Janvier de chaque année.

EDITIONS du C.N.R.S.

15, Quai Anatole France - PARIS 7°

C.C.P. PARIS 9061 - 11

N'est-il pas étrange que les habitants de notre planèt aient presque tous vécu jusqu'ici sans savoir où ils sont et sans se douter des merveilles de l'Univers?

C. Flammarion.

L'ASTRONOMIE

ET BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ ASTRONOMIQUE DE FRANCE

revue mensuelle publiée par la

SOCIÉTÉ ASTRONOMIQUE DE FRANCE

Fondée en 1887 par Camille FLAMMARION
Reconnue d'Utilité publique en 1897

28, rue Saint-Dominique, PARIS 7e

La Société Astronomique de France a pour but de réunir entre elles les personnes qui s'occupent pratiquement, ou théoriquement d'Astronomie, ou qui s'intéressent à son développement et à l'extension de son influence. Tout le monde peut en faire partie. Il suffit d'en adresser la demande au Secrétaire général.

Les Sociétaires reçoivent la revue **L'Astronomie**
Cotisations France: 29 F et 35 F,
autres pays: 39 F.

Abonnements annuels à **L'Astronomie** *pour les non Sociétaires:*

Année 1968: France et territoires d'outre mer: 35 F. - Étranger: 40 F; numéros: 3,50 F et 4 F.

Compte de Chèques Postaux:
Société Astronomique de France, 1733 - PARIS

L'UNIVERSO

RIVISTA BIMESTRALE DELL'ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE

Direttore: Gen. di Brigata **Oreste Manferti**
Redattore Capo Resp.: T. Col. Dott. **Ottavio Mannelli**
Direzione, Redazione e Amministrazione:
presso la Sede dell'I. G. M. - Via Cesare Battisti, 10
50122 FIRENZE - Telef. 26.23.41 - Interno 189
Telegrammi: GEOMILES - FIRENZE

PREZZI E CONDIZIONI D'ABBONAMENTO

ITALIA
— Abbonamento annata 1968 . . . . **L. 3.000**
— annata arretrata . . **L. 4.500**
— Fascicoli separati . . . . . **L. 800**

ESTERO
— Abbonamento annata 1968 . . . . **L. 6.000**
— annata arretrata . . **L. 7.200**
— Fascicoli separati . . . . . **L. 1.300**

Gli importi dovranno essere inviati a: L'UNIVERSO - ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE - VIA CESARE BATTISTI, 10 - 50122 FIRENZE a mezzo versamento sul c/c postale n. 5/5393.

"L'UNIVERSO" articoli, studi, monografie di: geografia fisica, economica, politica, astronomica, ecc.; resoconti di esplorazioni, viaggi, ecc.; geologia, fotointerpretazione, antropologia, etnografia, geografia storica. Sei fascicoli l'anno con illustrazioni a colori e in nero.

dans le spectre de la radiation directe et dans celui de la radiation diffuse, atteignant la terre. Le bilan de la radiation entre la surface de la terre et l'atmosphère est exposé dans le chapitre 6. Le suivant s'occupe des instruments en usage et des méthodes expérimentales et enfin, le dernier chapitre donne une idée des applications pour utiliser le rayonnement solaire, soit par la transformation de l'énergie en chaleur, soit par sa conversion en énergie électrique.

Le volume a une excellente présentation typographique et le texte est riche en tables numériques et en illustrations; les collaborateurs de Robinson sont tous des experts connus en cette matière.

Napoli, Istituto Universitario Navale.

G. ALIVERTI

S. A. ASDELL. - *Patterns of Mammalian Reproduction.* Second Edition. A vol. in-8, of XIV-670 pages, with XVII tables. Constable & Co. Ltd., London, 1965. Price, bound, sh. 84.

This is a sort of « cyclopedia » of all that is known about reproduction in Mammals. For each species, including man, the available data are collected and summarised, with indication of the authority. Of course the amount of information is extremely different according to the species. For some of them there are only such notes as « there is a September pregnancy record »; for others, such as the rat, the guinea pig etc. there are pages of data and hundreds of references. It is impossible to summarise the type of data collected: they go from the oestrus cycle, duration of gestation, number of young born, to details of physiology and histology of female and male genital tracts. Particular stress has been put, whenever possible, on quantitative data. To compile this book has required a tremendous amount of work: the students of physiology of reproduction feel therefore very much indebted to Prof. Asdell, who was able to produce an extremely useful tool for their work.

* * *

B. G. CAMPBELL. - *The Nomenclature of the Hominidae. Including a Definitive List of Named Hominid Taxa.* A vol. in-8, of VI-34 pages, with II tables. Royal Anthropological Institute of Great Britain & Ireland, London, 1965. Price, unbound, sh. 10.

« Nomina si nescis perit et cognitio rerum » wrote Linné, the founder of biological nomenclature. The author of this book quotes Confucius on the same subject, as an apology to his labour, which is extremely useful at this stage of our knowledge on the ancestors and relatives of man. The nomenclature adopted by B. G. Campbell strictly complies with the rules established by the

International Code of Zoological Nomenclature, which were often ignored by the previous anthropologists and paleoanthropologists.

Roma, Università, Istituto di Genetica.

G. MONTALENTI

A. CAPEK, O. HANC and M. TADRA. - *Microbial Transformations of Steroids*. A vol. in-8 (Vol. III of the Series *Biologia et Industria*), of 250 pages. Dr. W. Junk Publishers, The Hague, 1966. Price, bound, guilders 25.

Après l'introduction, qui n'est pas littéraire mais scientifique, parce qu'elle traite de la chimie des stéroïdes, de la biogénèse et du métabolisme de ceux-ci, la matière est subdivisée en neuf chapitres dont les titres sont: type de transformation microbienne des stéroïdes; mécanismes des transformations microbiennes des stéroïdes; influence des stéroïdes sur les microorganismes; méthodes pratiques de fermentation; évaluation analytique du processus fermentatif; isolement et identification des métabolites stéroïdiens; transformation de stéroïdes de la part de diverses souches de microorganismes, applications pour la préparation d'hormones stéroïdiennes et de leurs analogues. A cette partie théorico-technique succède une liste de microorganismes qui déterminent des transformations de stéroïdes et un catalogue des métabolites stéroïdiens. Une très riche bibliographie clôture le livre avec un supplément final qui concerne 1965 et aussi quelques publications de 1966.

Le livre qui a trait à un domaine très complexe de biochimie microbiologique est à signaler pour la rigueur avec laquelle sont traités les arguments et pour la grande abondance des renseignements rapportés.

Napoli, Università, Istituto di Patologia Generale.

L. CALIFANO

***. - *Medicamenta*. Guida teorico-pratica per sanitari. Cinque Volumi in-8. di LVIII-5756 pagine, con molte illustrazioni e tavole. Cooperativa Farmaceutica, Milano, 1965. Prezzo dei cinque Volumi, rilegati, L. 60.000.

En sortant sa Sixième Edition *Medicamenta* continue sa longue vie dans la tradition de rénovation, condition indispensable pour représenter une matière évoluant si rapidement que la pharmocologie appliquée. La collaboration de nombreux experts et savants a rendu possible, en plus de l'absorption du supplément à la cinquième édition, la révision complète et de vastes refontes de la matière. Beaucoup d'arguments ont été mis à jour, des chapitres nouveaux ont été ajoutés avec un appendice et un index analytique, clef indispensable pour l'utilisation fonctionnelle du libre. Cet ouvrage continue ainsi d'être un guide théorique et pratique dans la pharmacologie appliquée unique en son genre, et depuis le lointain 1908 il est devenu un instrument de travail très utile pour le pharmacien et une source de consultation pour les

biologistes et les chimistes et pour tous ceux qui exercent la profession médicale, des chargés de cours aux étudiants, parce qu'il est très riche en renseignements, qu'il n'est pas malséant de ne pas les posséder tous dans son bagage professionnel. La matière est disposée en cinq volumes et les chapitres se succèdent ainsi: Volume I: Technique Pharmaceutique. Les catégories des médicaments, organothérapie, opothérapie, hormonothérapie. Siérothérapie. Vaccinoprophylaxie et vaccinothérapie. Immunothérapie aspécifique. Enzymes, bactériothérapie lactique. Dérivés bactériens diagnostiques et thérapeutiques. Notions de thérapie physique. Notions de radiothérapie. Notions d'isotopothérapie. Alimentations et diététique. Volume II: Produits diététiques. Eaux minérales. Secours d'urgence. Désinfectants et désinfections. Chimie analytique. Contrôle biologique des médicaments. Les recherches cliniques les plus communes. Notes de médecine vétérinaire. Législation sanitaire. Volume III, IV et V: Le Dictionaire des médicaments occupe plus de 3000 pages de l'ouvrage et comprend la description de plus de 500 composés en plus de ceux traités dans la cinquième édition, tandis que n'a été omis aucun de ceux qui déjà y figuraient. La description de chaque préparation comprend: dénommination et formule, caractères, réactions d'identité, essais de pureté, conservation, détermination quantitative, emplois, propriétés thérapeutiques, préparations pharmaceutiques et posologie, incompatibilités. *Medicamenta*, maintenant qu'il est sur le point d'accomplir ses soixante années de vie tout en se mettant sans cesse à jour a conservé les pages qui constituent un tableau historique et d'usage quand faire une ordonnance était un acte de foi avec des propos tellement adhérents à la symptomatologie clinique, et l'« exécution de l'ordonnance » était le long travail de l'arrière-boutique de la pharmacie, labeur patient, non hâté par la ferveur des temps modernes. Cet ensemble de qualités constitue certes un mérite de la Coopérative Pharmaceutique créatrice et éditrice de l'ouvrage.

Milano, Istituto per lo Studio e la Cura dei Tumori.

V. L. GIACOMELLI

J. SINGH. - *Great Ideas in Information Theory, Language and Cybernetics.* A vol. in-8, of x-338 pages, with 118 figures and L tables. Dover Publications, Inc., New York, 1966. Price, unbound, Doll. U.S.A. 2,00.

L'homme, grâce à ses propres capacités cérébrales, a pu augmenter de millions de fois la force et la quantité d'énergie que mettait à sa disposition le système musculaire. Les effets sociaux et technologiques d'une telle transformation furent appelés la révolution industrielle.

Maintenant, toutefois, l'homme ressent le besoin d'accroître également ses capacités intellectuelles; pour atteindre un tel but il dirige ses efforts soit dans la direction d'une meilleure connaissance de la physiologie, de la psychologie, de la biophysique et de la biochimie de son système nerveux, celui-ci considéré comme étant la base physique de l'intelligence, soit dans la direction de l'étude et de la réalisation de machines qui, en simulant ou en reproduisant les processus mentaux de l'homme, en plus qu'elles contribuent substantiellement à leur clarification et compréhension, constituent déjà les premières étapes dans la production synthétique des mécanismes intelligents.

A débuté la seconde révolution industrielle, la révolution cybernétique ou de l'automation, ou de la mécanisation des systèmes de contrôle; la clé pour comprendre ce retournement dans la manière de concevoir et de dominer la réalité, des usines automatisées aux structures du DNA biologique, réside dans le concept d'information.

L'intérêt du volume est concentré sur le problème de l'intelligence artificielle, sur les correspondances et sur les rapports qui peuvent se poser entre les cerveaux électroniques d'une part et les cerveaux des organismes vivants de l'autre. Sur ces sujets, la position de l'auteur est claire et toujours équilibrée, libérée des obstacles métaphysiques comme des extrémismes fantaisistico-scientifiques; dans les points les plus controversés il s'appuye le plus souvent sur l'autorité de von Neumann.

Ce livre est une réussite admirable tant dans son dessein d'être une introduction à une discipline nouvelle - où trouver par ex. une exposition, à la fois plus accessible et plus complète, des réseaux de McCulloch et Pitts, du perceptron ou des machines de Uttley? - que dans son but de mettre en lumière la signification, l'importance et l'attrait des recherches cybernétiques. On le recommande pourtant à celui qui cherche un texte à la fois vulgarisateur et rigoureux, et en même temps vif et stimulant.

J'ai une seule observation négative à faire: l'intention vulgarisatrice du livre ne peut pas excuser le défaut presque complet des citations bibliographiques.

Roma, Biblioteca Casanatense.

A. SERRAI

G. BOUTHOUL. - *Storia della sociologia.* Traduzione dal francese di G. BARTOLOMEI. Un vol. in-8 (della collezione « *Problemi di Sociologia* », Vol. 11), di 142 pagine. Armando Armando Editore, Roma, 1966. Prezzo, non rilegato, L. 1.000.

M. STEIN e A. VIDICH. - *Sociologia alla prova.* Traduzione dall'inglese di M. MASSIMI. Un vol. in-8 (della collezione « *Problemi di Sociologia* », Vol. 10), di 292 pagine. Armando Armando Editore, Roma, 1966. Prezzo, non rilegato, L. 2.500.

L'histoire, déjà bien connue aux sociologues, de G. Bouthoul tire un éclairage nouveau, dans cette édition italienne, de l'appendice en deux chapitres que F. Ferrarotti y a ajouté: *Il senso della sociologia*; écrite, de plus, avec une grande finesse littéraire et psychologique, et dans laquelle on pose, en synthèse, la problématique de l'état actuel de la sociologie. On pourra approuver ou désapprouver, mais à travers cette « insatisfaction du *status quo* » qui pour Ferrarotti constitue le sens de la sociologie, on doit, en tout cas, passer. Même, F. pose sans plus au centre de la recherche sociologique le destin de la raison. Par conséquent, toute l'histoire des doctrines sociologiques devient la prémisse à une critique radicale de la situation sociale afin de poser avec clarté les présuppositions d'un renouveau de la science sociologique elle-même. Nous soulignons aussi l'opportunité du rappel à Saint-

Simon « pour une relation étroite, toujours inexplorée, entre la naissance de la sociologie en tant que science autonome et l'avènement de la société industrielle ». On peut ajouter que l'on ressent déjà le besoin d'étendre cette exploration à la structure technologique de la seconde révolution industrielle au moyen d'une investigation qui aille au-delà de la théorie des classes sociales de Ralf Dahrendorf.

A la lumière des mêmes considérations critiques s'insère la présentation, dans la même collection, du volume *Sociologia alla prova*, qui rassemble onze essais d'auteurs différents, depuis les désormais classiques K. Mannheim et C. Wright Mills au jeune D. Fess. Les autres auteurs sont: Bensman, Feuer, Gerth, Gouldner, Landau, Moore, Nisbet, Seeley, Stein, Vidich.

Roma.

V. Tonini

***. - *Early Nineteenth Century European Scientists*. Edited by R. C. Olby. A vol. in-16, of xii-180 pages, with plates. Pergamon Press, Oxford, 1967. Price, bound, sh. 27.6.

L'historie de la science est faite, naturellement, aussi de l'histoire des hommes qui ont le plus contribué à son développement. Il est donc extrêmement utile pour l'historien - et peut-être aussi pour celui qui ne s'occupe pas directement de science - de connaître l'interaction entre les personnages les plus importants de l'histoire de la science et le milieu dans lequel ils furent plongés, et donc la vie et l'oeuvre de ces personnages.

Le petit livre dont nous rendons compte s'occupe de sept noms qui influencèrent fortement la science du dix-neuvième siècle: H. Davy, J. J. Berzelius, T. Young, L. J. M. Daguerre, W. H. F. Talbot, C. Lyell et A. Quetelet. La formulation d'une théorie atomique de la matière, celle d'une théorie ondulatoire de la lumière, les bases de la géologie moderne, la naissance de la statistique comme science en soi et celle de la photographie, sont des événements fondamentaux de la science du dix-neuvième siècle et sont liés aux noms écrits ci-dessus.

Nous ne pouvons pas, naturellement, mettre en évidence tous les mérites de ce volume, dont le but principal est celui de donner, en plus des indications biographiques, une vision claire de la façon dont les savants qu'il prend en considération sont parvenus à leurs découvertes.

Divisé en six chapitres (Daguerre et Talbot sont évoqués, comme il est juste, dans le même chapitre) écrits par des auteurs différents, le livre possède une unité de style et de présentation; mérite, il est évident, de l'organisateur de ce bref, mais « succulent » « symposium ». Figures, tableaux, bibliographie, sont un excellent complément du volume qui est ensemble une source qualifiée d'informations, souvent pas très connues, et de lecture extrêmement agréable, encore que maintenue à un niveau élevé d'exposition critique et de rigueur scientifique.

Firenze, Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

M. Rigutti

V. F. Weisskopf. - *Conoscenza e meraviglia. La descrizione umana del mondo della natura.* Un vol. in-8, di 208 pagine, con 56 figure nel testo e XIII tavole fuori testo. Zanichelli, Bologna, 1966. Prezzo, non rilegato, L. 1.500.

Ce beau livre qui a pour sous-titre: « La descrizione umana del mondo della natura » pourrait aussi s'intituler de manière opportune: «I prodigi della natura ». C'est l'ouvrage du physicien théoricien V. Weisskopf de Vienne, professeur au Massachusetts Institute of Technology.

Le contenu du livre embrasse un vaste domaine des sciences comprenant la physique, l'astronomie, la chimie, la biologie, la génétique.

C'est vraiment exceptionnel qu'une seule personne, adonnée à la physique théorique, ait pu dans une vision vaste et synthétique élaborer un tableau complet et en même temps de lecture compréhensible, pour un grand nombre de personnes de culture variée, les connaissances qui en partant du monde des atomes nous conduit à la construction de l'univers si mystérieux qu'est mystérieux le problème de la vie.

Dans huit chapitres clairs on cherche à expliquer notre place dans l'espace et dans le temps, l'unité de la matière et sa formation à partir du dominateur de l'univers qu'est le gaz hydrogène.

Le dernier chapitre est consacré au grand problème de la vie que nous connaissons sur notre planète.

Peut-être qu'à la fin de la lecture de ce livre, le lecteur, en admirant les prodiges de la nature, pourra considérer combien grands et quels sont les mystères que nous cherchons à démasquer.

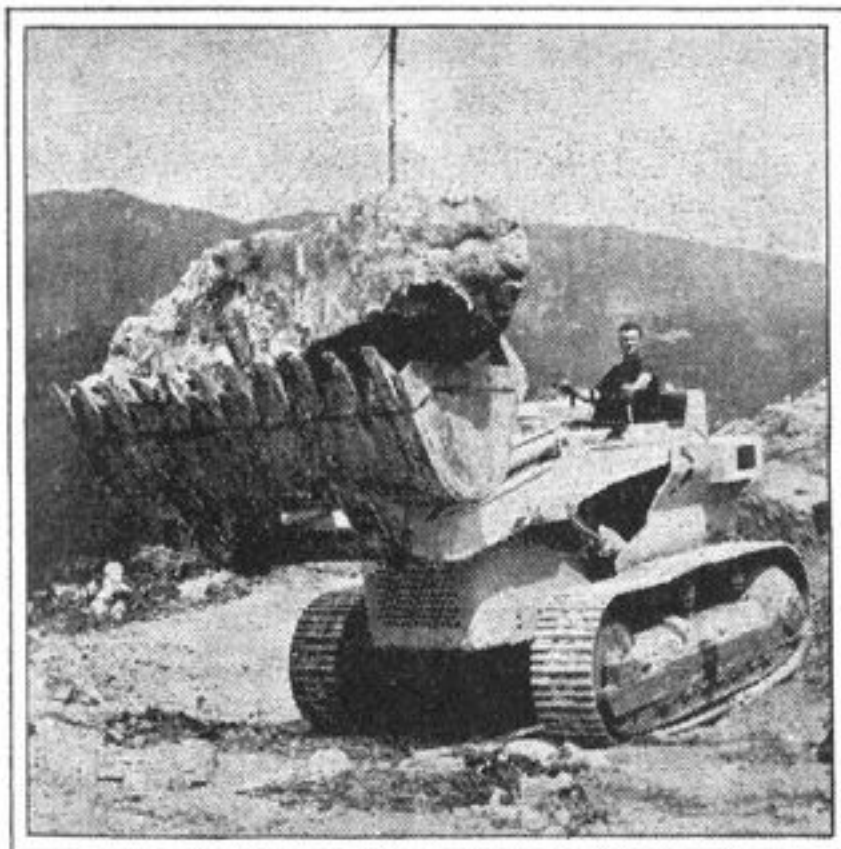
Firenze, Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

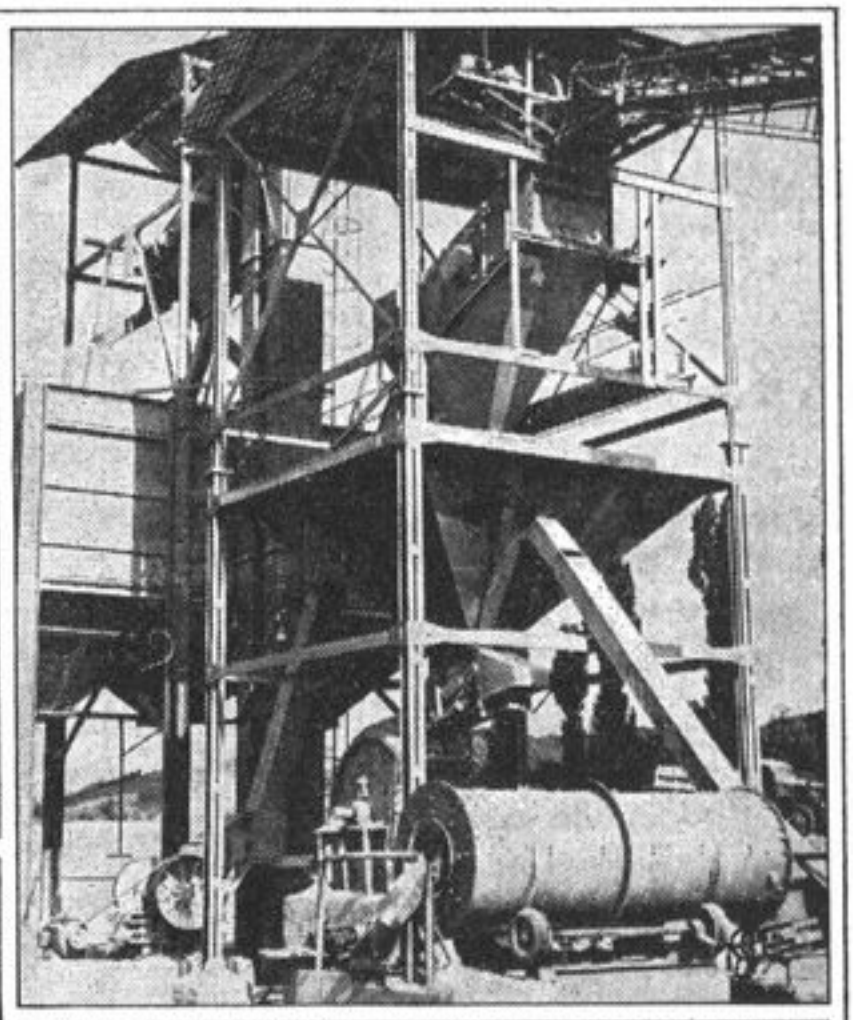
G. Abetti

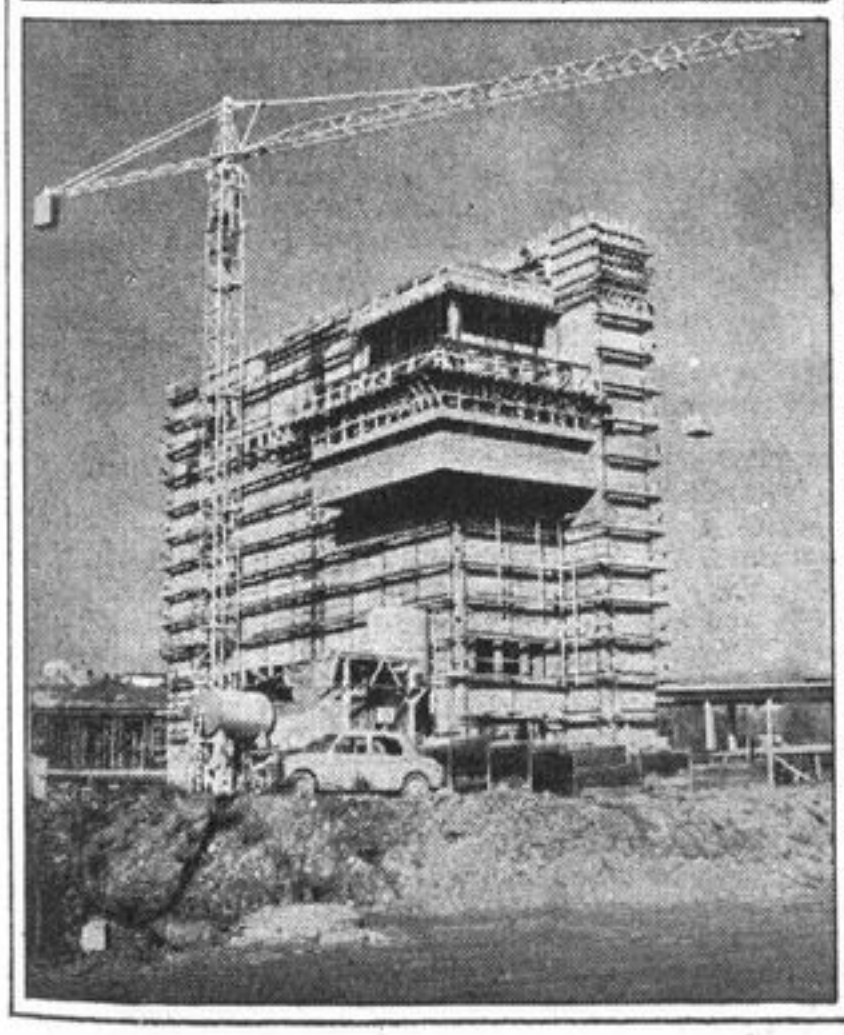
Loro e Parisini spa

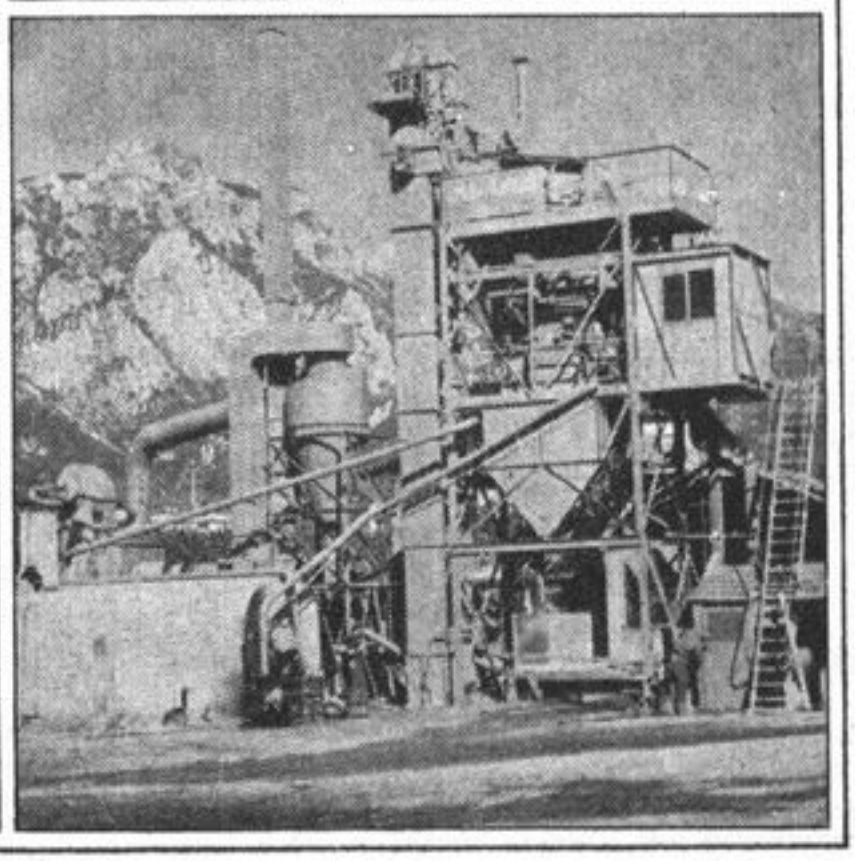
Milano Via Savona, 129 tel. 470.101-470.134 / Padova Zona Industriale (Limena) Via Unità d'Italia tel. 67.610 / Roma Via Lega Lombarda, 34-36 tel. 495.2651-52-53 / Napoli Via S. Maria del Pianto, 80 tel. 590.122

macchine edili, stradali, per cave e miniere macchine per movimenti di terra.









BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ DE CHIMIE BIOLOGIQUE

Publié avec le concours du Centre National de la Recherche Scientifique.

MASSON & Cie, Editeurs: 120 Bd.St-Germain Paris 6°
Imprimerie M. DECLUME, Lons le Saunier (Jura)

Organe officiel de la Société de Chimie Biologique

Secrétaire Général: **Prof. J. E. COURTOIS**

Rédacteur en chef: **Prof. Y. RAOUL**

Comité de Rédaction:
MM. R. ACHER, J. ASSELINEAU, E. AUBEL, Ch. BENEZECH, G. BISERTE, P. BOULANGER, Mme P. CHAIX, MM. H. CLAUSER, G. COHEN, J. E. COURTOIS, R. DEDONDER, Y. DERRIEN, D. DERVICHIAN, P. DESNUELLE, J. P. EBEL, P. FLEURY, P. GRABAR, F. GROS, Mme GRUNBERG-MANAGO, MM. M. M. JANOT, M. F. JAYLE, A. KEPES, Ed. LEDERER, S. LISSITZKY, P. MANDEL, C. MENTZER, A. M. MICHELSON, J. MONTREUIL, R. MONIER, J. MONOD, NGUYEN-VAN-THOAI, F. PERCHERON, J. POLONOVSKI, Y. RAOUL, J. ROCHE, P. SLONIMSKI, Mlle A. M. STAUB, MM. J. TONNELAT, R. WURMSER.

Le Bulletin de la Société de Chimie Biologique est l'organe officiel de la Société de Chimie Biologique, fondée en 1914. Il publie les comptes rendus des séances, les textes des Conférences présentées devant la Société et les travaux originaux des membres de la Société. Chaque année paraissent 12 numéros, représentant un ensemble d'environ 2.000 pages.

Prix de l'abonnement pour l'année 1968:

France et Zone franc ..... **100** F.
Belgique ..... **1232** frs belges
Autres pays ..... **115** F.

également payables dans les autres monnaies au cours des réglements commerciaux du jour du paiement.

La Chimica e l'Industria

"Giornale di Chimica Industriale ed Applicata" — "L'Industria Chimica"

ORGANO UFFICIALE DELLA SOCIETÀ CHIMICA ITALIANA

Rivista mensile pubblicata dalla

Soc. p. Az. Editrice di Chimica
20121 Milano, Piazzale Rodolfo Morandi, 2

Contiene:

Memorie originali italiane;
Rassegna della produzione scientifica e tecnica;
Rassegna del movimento commerciale e industriale mondiale interessante i chimici;
Corrispondenze; Listino prezzi.

Prof. ALBERTO GIRELLI, Direttore

Direz. e Amm.: Milano - P.le Rodolfo Morandi, 2
Redazione: 20121 Milano - P.le Rodolfo Morandi, 2
00198 Roma - Viale Liegi, 48

Abbonamento annuo per il 1968:
Italia: L. 13.500
Estero: Europa L. 16.000; Altri Paesi L. 17000
Numero separato: Italia: L. 1.350
Estero: Europa L. 1.600; Altri Paesi L. 1.700

MÉMORIAL DE L'ARTILLERIE FRANÇAISE
SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'ARMEMENT

Publication trimestrielle

éditée sous les auspices du Ministère des armées de mer, de terre et de l'air, des Ministères de l'Education Nationale, des Travaux Publics et de la Météorologie et du Centre National de la Recherche Scientifique

Paraît depuis 1922 et fait suite au
Mémorial de l'Artillerie de la Marine (1873-1906), et au Mémorial de l'Artillerie Navale (1907-1915).

Chaque fascicule du format 16 × 25 cm. comprend 250 pages de texte et de planches.

PRIX DE L'ABONNEMENT

France, Union française ..... **56 F.**
Fascicule séparé ..... **18 F.**
Étranger ..... **70 F.**
Fascicule séparé ..... **20 F.**

RÉDACTION ET ADMINISTRATION
8, boulevard Victor, 75 PARIS 15e.

ABONNEMENT ET VENTE
Imprimerie Nationale, 27, rue de la Convention, PARIS 15e
(Compte chèque postal N° 9060-06 PARIS)

Un fascicule spécimen du **Mémorial de l'Artillerie Française (Sciences et Techniques de l'Armement)** est adressé contre envoi à **l'Imprimerie Nationale, 27, rue de la Convention, Paris (XVe), de la somme portée ci-dessus pour un fascicule séparé**

RIVISTA MILITARE

Direzione: Via S. Marco, 8 - 00186 Roma
Telefoni: civile 674.200; mil. 3360 - c. c. postale 1-480

CONDIZIONI DI ABBONAMENTO PER IL 1968

Italia:	individuale per gli appartenenti alle Forze Armate (ufficiali in congedo compresi)	L. **1500**
	per i Comandi, Circoli, Enti militari	L. **2000**
	per i privati	L. **4000**
Estero	. . . . .	L. **6000**

L'abbonamento decorre per anno solare.

L'importo per l'abbonamento deve essere inviato alla: **RIVISTA MILITARE** Via S. Marco, 8 - Roma a mezzo di assegno bancario o vaglia postale o versamento sul conto corrente postale n. 1-480

Con la richiesta di abbonamento è necessario precisare: Grado - Cognome e Nome - Ente o reparto o indirizzo privato.

CAMBIO INDIRIZZO: Le richieste vanno accompagnate da Lire 40.

La **RIVISTA MILITARE**, periodico mensile illustrato, oltre alla divulgazione dei nuovi orientamenti del pensiero militare scaturiti dalle più recenti esperienze di guerra, tratta tutti quegli argomenti - scientifici, storici, economici, giuridici, ecc. - che comunque possano interessare la preparazione del paese alla difesa. Ciascun numero, poi, contiene numerose recensioni ed un esteso notiziario relativo a tutto ciò che si attua nel campo militare estero.

CRONACA - CHRONIQUE - CHRONICLE - CHRONIK - CRONICA

Associazione degli Africanisti Italiani.

L'Association a été fondée le 12/10/1967 par une assemblée qui s'était réunie à Pérouse le même jour, à l'occasion du Premier Congrès National des Sciences Historiques. Un groupe de professeurs et d'assistants universitaires, ainsi que des spécialistes des différentes sciences africanistes, participaient à l'assemblée. L'Association se propose de:

a) encourager les rencontres entre les africanistes italiens de chaque spécialisation et les africanistes étrangers dans le but de favoriser la collaboration académique et scientifique;

b) encourager les échanges d'informations et la collaboration avec les institutions étrangères et internationales agissant dans le même domaine;

c) encourager auprès des organes compétents l'introduction de disciplines concernant les études africaines et leur développement dans les universités italiennes;

d) organiser des conférences, des congrès, des enquêtes, des études, des publications et toute autre activité concernant ces buts sociaux.

Peuvent être membres de l'Association:

a) les titulaires de chaires, les chargés de cours et les assistants titulaires de disciplines universitaires concernant l'Afrique;

b) les spécialistes des problèmes africains admis par le Conseil de direction, sur proposition de ce dernier, ou après demande d'admission qui devra être appuyée par deux membres titulaires.

Peuvent adhérer à l'Association tous ceux qui sont intéressés aux buts qu'elle se propose et qui adressent une demande d'admission, appuyée par deux membres titulaires.

La même assemblée a élu Commissaire de l'Association pour une année le Prof. Carlo Giglio. L'Association a son siège à l'Istituto di Storia ed Istituzioni dei Paesi Afro-asiatici, Università di Pavia.

Copyright by
Rivista "SCIENTIA" Editrice
Sede legale - Milano, Via Donizetti 55
Registrata presso la Cancelleria del Tribunale di Milano col N. 1276
NORA BONETTI - *Direttore Responsabile*

ODAG - OFFICINA D'ARTI GRAFICHE - MILANO

CASSA DI RISPARMIO DI ASTI
Sede Centrale: 14100 ASTI

N. 4 Agenzie di Città
N. 32 Filiali in Provincia

Depositi al 31/3/1968: 83.000.000.000
Patrimonio: 1.963.000.000

BANCA POPOLARE DI MILANO
Fondata nel 1865

TUTTE LE OPERAZIONI DI BANCA

LE ASSICVRAZIONI D'ITALIA

Società collegata con l'Istituto Nazionale delle Assicurazioni

00198 **ROMA,** Via Po, 3

Ticosa S.p.A.

VIA INNOCENZO XI, 70 - COMO

"DIVISIONE TESSUTI" Inustria comense per tintura, stampa e finissaggi tessili per conto terzi.

"DIVISIONE FILATI" Filati di fibre artificiali e sintetiche elasticizzati e testurizzati per maglieria e calzetteria.

SOCIETÀ DEL GRES MILANO ING. SALA & C.

SOCIETÀ DEL GRES
Ing. SALA & C.
20123 Milano - Via Mazzini 7
Telefono 873.257

Tubi e pezzi speciali di grès ceramico per fognature, rivestimenti e corpi di riempimento antiacidi.

Ferdinando Zoppas S.p.A.
31015 CONEGLIANO VENETO (Treviso)

Divisione Elettrodomestici
Divisione Grandi Impianti
Divisione Idrosanitari

CASSA DI RISPARMIO
DELLE PROVINCIE LOMBARDE

FONDATA NEL 1823

DIREZIONE IN MILANO
359 DIPENDENZE

TUTTE LE OPERAZIONI DI BANCA

ISTITUTO BANCARIO SAN PAOLO DI TORINO
FONDATO NEL 1563

Tutte le operazioni di banca, borsa, cambio

CUCIRINI CANTONI COATS S.p.A.
Capitale L. 7.000.000.000
MILANO - Via Petrarca, 20

Filati cucirini per uso domestico e per uso industriale, sia di cotone che di seta e sintetici. Filati da ricamo. Filati per maglieria. Filati di lana per aguglieria.

NOVACETA
Società per Azioni
20121 MILANO - VIA CERNAIA, 8

Filato acetato - Silene

SOCIETÀ DEL GRES Ing. SALA & C.
20123 Milano - Via Mazzini 7 - Tel. 873.257
tubi e raccordi di p.v.c. rigido

GRESINTEX

con giunto Gielle universale per scarichi di acque bianche e nere nell'edilizia.

BIRRERIA RISTORANTE
PEDAVENA
a Km. 3 da Feltre, alle porte delle Dolomiti

Saloni per ricevimenti e congressi - Parco - Zoo
Campi da tennis e bocce - Cucina internazionale
TEL. 22.46 FELTRE

V-VI - 1968

Annus LXII | Vol. CIII, N. DCLXXIII-DCLXXIV | Series VII

"SCIENTIA,,

(RIVISTA DI SCIENZA)

Rivista internazionale di sintesi scientifica – Revue internationale de synthèse scientifique International Review of Scientific Synthesis – Internationale Zeitschrift für wissenschaftliche Synthese – Revista internacional de síntesis científica

INDEX

C. A. Mills (U.S.A.) - *Earthquake and Suicide Timing in Relation to Variations in Lunar-Solar Gravitational Force.*

M. Romanowski (Canada) - *L'évolution du rôle que joue la loi normale dans le calcul des erreurs d'observations.*

F. A. Brown, Jr. (U.S.A.) - *«Endogenous» Biorhythmicity Reviewed with New Evidence.*

A. J. Haagen-Smit (U.S.A.) - *Air Conservation.*

K. Küpfmüller (B.R.D.) - *Informationsverarbeitung der Nervenzellen.*

S. D'Agostino (Italia) - *Il pensiero scientifico di Maxwell e lo sviluppo della teoria del campo elettromagnetico nella memoria «On Faraday's Lines of Force».*

RECENSIONI - COMPTES RENDUS - BOOK REVIEWS - BUCHBESPRECHUNGEN - ANALISIS DE OBRAS

R. Campbell. - *La cinématique.* — C. Lanczos. - *The Variational Principles of Mechanics* (**G. Calamai**). — P. Martin. - *Applications de l'algèbre et de l'analyse à la géométrie* (**F. Voltolini**). — R. Michard. - *Le Soleil.* — A. Boischot. - *Le Soleil et la Terre* (**R. Falciani**). — ***. - *Les problèmes météorologiques de la stratosphère et de la mésosphère* (**G. L. Tagliaferri**). — H. A. Klein. - *Masers and Lasers.* — T. L. Loucks. - *Augmented Plane Wave Method* (**P. Caldirola**). — J. J. Charette. - *An Introduction to the Theory of Molecular Structure.* — R. M. Rose, L. A. Shepard and J. Wulff. - *Electronic Properties.* — M. A. Saad. - *Thermodynamics for Engineers* (**R. Piontelli**). — S. Barabaschi e R. Tasselli. - *Elementi di servomeccanismi e controlli* (**V. Tonini**). — R. Bowen. - *Paleotemperature Analysis.* — C. Gomella. - *La soif du monde et le dessalement des eaux* (**A. Debenedetti**). — ***. - *Treatise on Invertebrate Paleontology* (**E. Zavattari**). — K. M. Smith. - *Insect Virology* (**B. Baccetti**). — O. Verona. - *Microbiologia Agraria* (**L. Califano**). — W. Fuhrmann. - *Taschenbuch der allgemeinen und klinischen Humangenetik* (**C. Barigozzi**). — W. Wessel. - *Elektronenoptische Studien zur Orthologie und experimentellen Pathologie des Kleinhirns der Maus* (**M. Mancia**). — M. H. Pirenne. - *Vision and the Eye* (**M. T. Zoli**). — J. Stoetzel. - *Psicologia sociale* (**M. Battacchi**). — ***. - *D-Days at Dayton.* — T. Huxley. - *Science and Education* (**G. Montalenti**). — C. Buttmann. - *John Herschel. Lebensbild Eines Naturforschers* (**G. Abetti**). — ***. - *Nel quarto centenario della nascita di Galileo Galilei* (**A. Natucci**). — H. T. Pledge. - *Science Since 1500* (**F. Mondella**).

CRONACA - CHRONIQUE - CHRONICLE - CHRONIK - CRONICA

Un impegnativo impianto di desalinizzazione con distillazione solare. — La fusione del più grande specchio telescopico astronomico del mondo.

È assolutamente vietata la riproduzione e traduzione degli articoli di questa Rivista.
La reproduction et la traduction des travaux publiés dans cette Revue sont interdites.

EARTHQUAKE AND SUICIDE TIMING IN RELATION TO VARIATIONS IN LUNAR-SOLAR GRAVITATIONAL FORCE

As an extension of several decades' study of climatic and weather effects upon man, there is now presented a beginning analysis of the effects of extra-terrestial (lunar-solar) forces upon the earth and its inhabitants. The timing of some 4096 major earthquakes, recorded between 1904 and 1963, is found to be significantly related to lunar phases, to the length of the anomalistic month, to the terrestial latitude of quake epicenters, and to variations in lunar-solar force at any given point on the earth's surface - especially in latitudes near the equator - as the earth rotates through the lunar day. These same forces also seem to affect man directly, as indicated by a similar but slightly weaker correlation of suicidal acts with lunar phases at Cincinnati. At Cincinnati latitudes, lunar-solar effects upon earthquake timing are also sharply diminished. Studies now in process are indicating a significant correlation between lunar phase and motor traffic accidents at Cincinnati, — these and the suicide studies should be duplicated in latitudes nearer the equator.

Several decades of keen interest in the earth as a place of human habitation, in its varying climatic and weather characteristics as they relate to human dynamics and health [1], have in recent years led me on into this close study of the extra-terrestial forces laying their shadowy effects over the earth's lands and seas. Since earliest antiquity man has credited the sun, moon, stars and planets with potent influences over the earth and its inhabitants. Present-day scientists are sceptical of many of the influences thus claimed for the heavenly bodies, however, even while their own bit-by-bit verifications engender a growing suspicion that these extra-terrestial forces may perhaps carry deeper impingement upon human existence than has yet been established by modern science.

The present study has thus been undertaken to broaden our knowledge of the environmental forces affecting man. Only after these forces and their effects on the earth's lands, seas and air have been well codified can we begin an intelligent approach to their more complex and subtle effects upon man himself.

The first paper in this codification series dealt with lunar-solar gravitational forces as they are related to the initiation of North Polar « highs » which so dominate North American weather of middle and lower latitudes [2]. A second paper now being processed deals with these same forces in relation to the genesis of tropical « lows », cyclones, typhoons, hurricanes.

LUNAR PHASES ARE FOUND SIGNIFICANTLY RELATED TO EARTHQUAKE TIMING. — The first portion of the present communication represents a beginning at codification of the action of these forces upon the earth's solid crust, using variations in earthquake timing as perhaps the best index of such action. Lunar phases, more perticularly new or full moon periods as contrasted to quarter moons, have been found to exhibit a significant relationship to the timing of some 4096 earthquakes recorded since 1904. Periodic maxima and minima in lunar-solar gravitational forces are now seen to bear a significant relationship to earthquake timing just as was found with the initiation of North Polar moving cold fronts. The effects of these periodic maxima and minima on ocean tides have long been recognized.

Lunar gravitational effects at the earth's surface peak when the moon is at perigee, averaging then about 1/3 greater than at apogee. Lunar effects are reinforced by the solar at times of new and full moon and are at a minimum midway between at quarter moons when lunar and solar forces are working at right angles to one another. Solar gravitational effect at the earth's surface averages. 46 that of the moon. Lunar-solar gravitational forces exert maximal effects at the earth's equator, they diminish outward into the higher latitudes, and make a complete reversal to negative values at the poles. Similarly, as any point in the earth's equatorial regions undergoes its 24-hour revolution, lunar-solar gravitational effects at that point pass from two maxima (at lunar upper and lower transits) to two complete reversals to the negative at the midway points between. As a working hypothesis, it was presumed that the periodic maxima and minima in the play of these forces might well produce distortion waves in the earth's crust and trigger earthquake occurrence.

Statistical sources for the materials used in the present study include The American Ephemeris and Nautical Almanac [3] for a calendar of lunar phases, tables 17 and 18 of GUTENBERG and RICHTER'S *seismicity of the earth* [4] for a listing of earthquakes occurring from 1904 to 1940, and the U.S. Coast and Geodetic Survey's annual issues of « U.S. carthquakes » which carry annual listings of the « Principal earthquakes of the world, by years » for the years from 1947 to 1963 inclusive. These sources provide a listing of 4096 earthquakes by time and epicenter location for relating to the calendar of lunar phases down through the years.

Since minor fluctuations occur in the length of the synodic month and rather marked fluctuations in the anomalistic month (from 24 to 29 days, perigee to perigee), it was necessary to make separate lunar phase calculation and logging for each day of the entire period from 1904 to 1963. A scatter diagram was prepared showing the 21,882 lunar phase days available for the entire period by .05-month intervals, horizontally for the synodic months and vertically for the anomalistic.

TABLE 1

Lunar Phases and Earthquake Timing

(1-1-1904 to 12-31-1963)

Perigee to perigee (days)	*Total no. of days*	*Total no. of earthquakes*	*Earthquakes per 100 days*					*Difference between percentages*		*Probability tests* *Paired percentages* *Actual frequencies*		*Sq.rts. of frequencies*	
			All	*Syzygy*[c]	*Quarter moons*[d]	*Diff.*	*S.E. diff.*	t	p	t	p	t	p
24 to 29	21,882	4,096	18.72	19.48	18.30	1.18	0.59	2.00	.05	0.37	.7	—	—
24 to 26	3,865	744	19.25	21.25	16.14	5.11	1.40	3.65	.001	3.90	.005	3.38	.01
27,28[a]	12,579	2,364	18.79	19.56	18.73	0.83	0.78	1.07	.28	—	—	—	—
29,28[b]	5,438	988	18.17	17.77	18.52	0.75r	1.17	0.64	.5	—	—	—	—
24 to 26				21.25				1.69	1.12	1.51	.12	—	—	—	—
27,28[a]				19.56									
29,28[b]				17.77				3.48	1.25	2.77	.01	2.58	.038	2.63	.03 5

a. 28-day anomalistic months located between 27s and 29s.

b. 28-day anomalistic months located between two 29s of same cycle.

d. 0.1 mo.before + 0.1 mo.after syzygy.

d. 0.1 mo.before + 0.1 mo.after quarter moons.

t = diff./S.E. diff.

p = probability of occurrence by operation of chance alone.

The scatter diagram thus prepared contained 400 cells, in each of which was represented the number of lunar phase days available and of earthquakes occurring.

As the data accumulated, it became apparent that two lunar phase factors were especially concerned in earthquake triggering, new or full moon periods versus quarter moons, and the length of the anomalistic month from perigee to perigee. Twice for every lunar passage around the earth from solar meridian to solar meridian the anomalistic month goes through a length cycle varying from 24 to 29 days and back to 24 again, the moon's orbit being least elliptical and its *average* distance from the earth least at the shorter end of the cycle and greatest at the other extreme. Although the perigee distance from moon to earth is greatest during the shortest anomalistic months, its *average* distance for one circuit of the earth is then least and its *average* gravitational effect greatest in these shortest months.

In order to see whether the resulting differences in lunar gravitational effect significantly altered earthquake timing, separate scatter diagrams (set up as above described) were constructed for those anomalistic months with 24 to 26 days from perigee to perigee, for those with 27 days and the 28-day ones occurring between the 27-day and the 29-day ones, and finally for those with 29 days and the 28-day ones included between two 29-day ones sometimes occurring in the same cycle (anomalistic month lengths were designated only to the nearest whole day).

In Table 1 are set forth the basic data and the results of probability tests of relationships. Two significantly positive relationships stand out. First, in the category of anomalistic months of 24 to 26 days, earthquakes show a significantly greater tendency to occur in the .2-month period centering on new or full moon than at quarter moons. Second, earthquake occurrence is highest in the new or full moon portions of the shortest anomalistic months and diminishes regularly as the anomalistic months lengthen. There can be little doubt, therefore, that the timing of earthquakes is here significantly related to lunar phase influence. This relation is maximal when the basic lunar influence is reinforced by the solar at new and full moons and during those anomalistic months of each year when the moon's orbit around the earth is least elliptical and its *average* distance from the earth least.

EARTH LATITUDES ARE FOUND SIGNIFICANTLY RELATED TO EARTHQUAKE TIMING. — If there be indeed a lunar-solar gravitational effect upon earthquake timing, — as indicated above, — then latitudinal differences in the intensity and direction of these forces in the earth's

outer crust should be an additional factor in such effects. Figure 1 illustrates the complete reversal in the vertical components of these forces between equatorial and polar latitudes, as well as the in-between gradations. Re-sorting of the listed earthquakes by latitude and by lunar phase (see Table 2) gave significant verification of such latitudinal influence, especially for the shorter (24 to 26-day) anomalistic months.

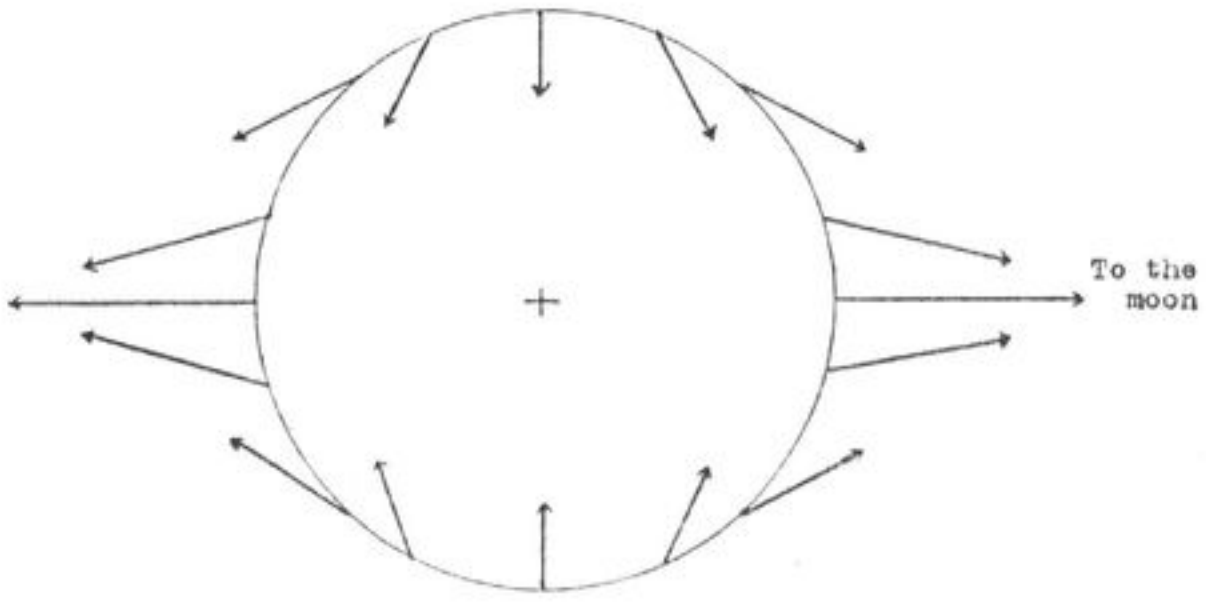


Fig. 1

Relative Magnitude and Direction of Lunar Tide-Producing Forces at the Earth's Surface. Amplitude relative et direction des forces d'attraction de la Lune à la surface de la Terre. Adapted from Fig. 135 of ASTRONOMY, Revised Edition, by W. T. Skilling and R. S. Richardson, Henry Holt, New York, 1947.

TABLE 2

Earthquakes by Latitude and by Length of Anomalistic Month.

Perigee to perigee (days)	*Epicenter latitude (degrees)*	*Quakes/100 days available*[c]		*Diff. of means*	*S.E. of diff.*	*t*	*p*	*Ratio: syzygy rate/ quarter*"
		Syzygy	*Quarters*					
	0-9.9	4.88	2.96	1.92	0.62	3.09	d.01	1.65
	10-19.9	4.62	3.93	0.69	0.66	1.06	.3	1.18
	20-29.9	3.50	3.16	0.34	0.58	0.59	—	1.07
24-26	30-39.9	3.59	3.35	0.24	0.60	0.40	—	1.07
	40-40.9	2.16	2.19	0.03r	0.48	0.06	—	0.99
	50-59.9	1.90	1.48	0.42	0.42	1.00	—	1.28
	60-90	0.61	0.52	0.09	0.24	0.37	—	1.17
	0-9.9	4.00	3.59	0.41	0.34	1.21	—	1.11
	10-19.9	3.82	3.24	0.58	0.33	1.77	—	1.18
	20-20.9	2.89	2.68	0.21	0.29	0.71	—	1.08
27,28a	30-30.9	3.49	3.61	0.12r	0.33	0.36	—	0.97
	40-40.9	2.28	2.37	0.09r	0.27	0.35	—	0.96
	50-50.9	1.56	1.60	0.04r	0.22	0.17	—	0.97
	60-90	0.84	0.69	0.15	0.16	0.96	—	1.22
	0-9.9	3.86	4.73	0.87r	0.55	1.57	—	0.82
	10-19.9	3.33	3.29	0.04	0.48	0.08	—	1.01
	20-29.9	5.58	4.39	1.19	0.59	2.02e	.3	1.27
29,28b	30-39.9	3.76	3.78	0.02r	0.52	0.05	—	0.99
	40-49.9	2.36	2.08	0.28	0.34	0.82	—	1.14
	50-59.9	1.43	1.63	0.20r	0.33	0.60	—	0.88
	60-90	0.61	0.72	0.11r	0.22	0.50	—	0.85

a, b: see footnotes to Table 1.
c: .1 mo. before + .15 mo. after new and full moons, same for quarter moons.
d: paired rates: obs. freq., t = 2.39, p = .04; sq.rts.freq., t = 2.03, p = .07.
e: paired rates: obs. freq., t = 1.45, p = .2.
r: reversal in relationship.

As would be expected if this associative relationship is truly real, quakes with epicenters within 10 degrees of the equator showed closest association with new and full moon phases of the 24-26 day anomalistic months and least for the quarter moon periods. The extent of this association lessens with outwardly increasing latitudes, changing to a slight reversal in middle latitudes where the lunar-solar force is exerted largely horizontal to the earth's crust, but becoming again positive in polar latitudes. The medium-length anomalistic months show the same relationships to degrees not in any case reaching mathematical significance, while such relationships during the longest anomalistic months appear to be essentially haphazard.

Fig. 2

Earthquake Frequency through Anomalistic Months
(Perigee to perigee = 24-26 days) (Epicenter latitude = 0-9.9°)
Fréquence des séismes au cours des mois anomaux.
(Périgée à périgée = 24-26 jours) (Latitude de l'épicentre = 0-9.9°)

Figure 2, for equatorial quakes of the shorter anomalistic months, shows earthquake timing to be significantly related also to certain perigee-to-perigee phases of these months. Maximal quake frequency does not occur at perigee, however, but twice monthly midway between perigee and apogee when the lunar-solar force is undergoing its most rapid change—increasing or declining in intensity.

Delving further into the equatorial quake relationships, new sorting was made of those with epicenters within 30 degrees of the equator and falling in the shorter anomalistic months, listing each by epicenter latitude (to the nearest whole degree) and by lunar and solar declinat-

ion at the mid-day of the quake's occurrence. Table 3 summarizes the findings obtained, with footnotes explaining the steps taken. Here it is seen that quakes occur predominantly in the new moon quarter of the lunar months so long as lunar declination is not more than 10 degrees away from epicenter latitude nor solar declination more than 10 degrees away from lunar. This new moon dominance persists (to a slightly lesser degree) when these deviations are extended to 15 degrees and lessen still more on up to 20 degrees. With divergences on up to 30 degrees, all significant quake relationships to lunar phase are erased. With the divergences above 30 degrees, in either or both categories, dominant quake frequency shifts to the full moon quarter—a finding for which no reasonable explanation can yet be offered.

TABLE 3

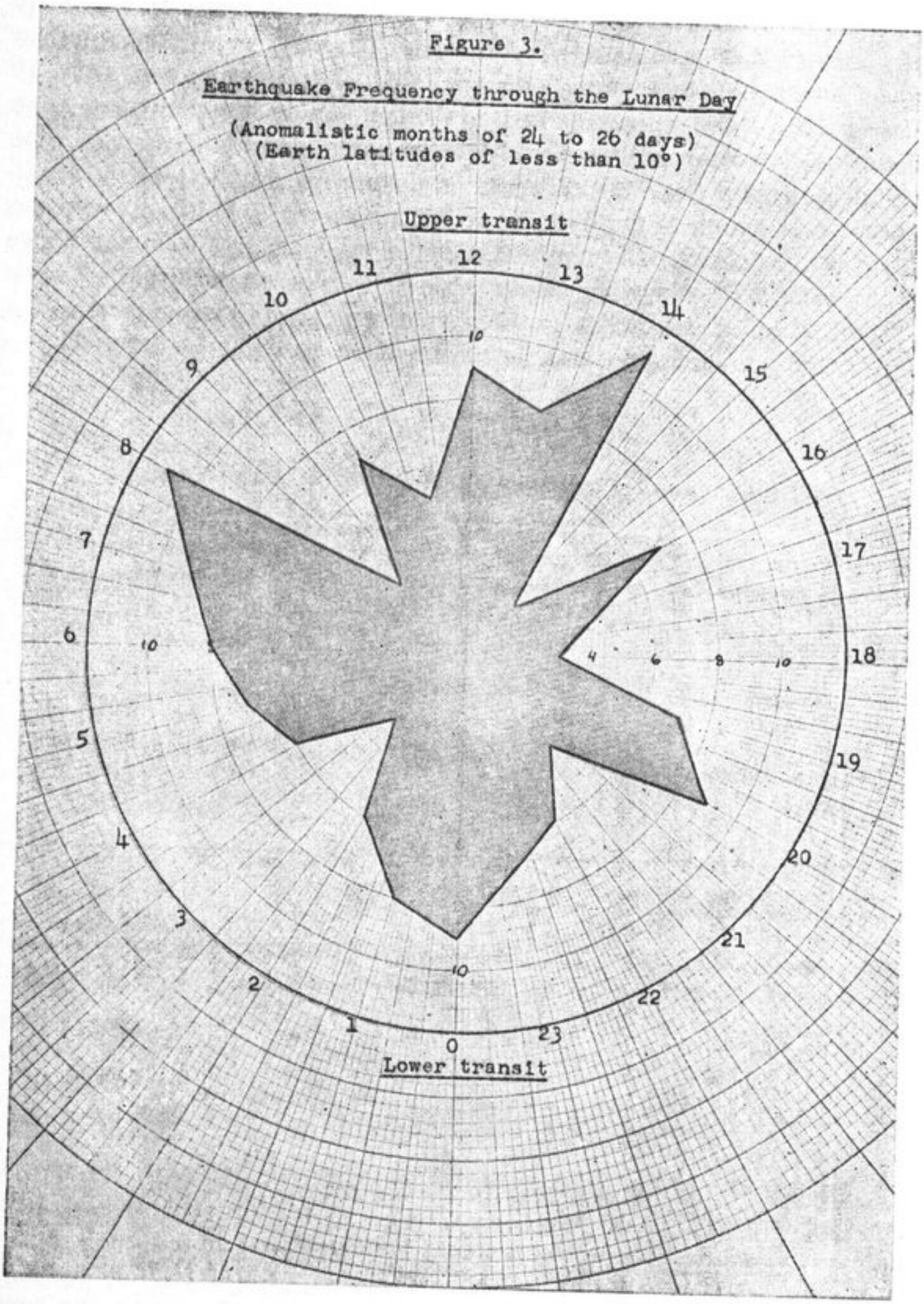
Earthquake Frequency in Relation to Lunar and Solar Declination and Epicenter Latitude

Groups assembled (degrees)	*Earthquakes/100 lunar phase days available*			
	New moon	*First quarter*	*Full moon*	*Last quarter*
a: 0 - 10 b: 0 - 10	2.56[c]	0.88	0.35	0.53
a: 0 - 15 b: 0 - 15	4.34	1.90	1.30	1.05
a: 16 - 30 b: 16 - 30	3.83	4.17	3.86	4.34
a: 31 + b: 31 +	2.81	4.05	8.60[d]	4.07

a: deviation of lunar declination from epicenter latitude.
b: deviation of solar declination from lunar declination.

	(c) *New moon quarter vs other three quarterss*	(d) *Full moon quarter vs other 3 quarters*
Diff. of means/S.E. diff.	t = 4.15, p = .015	t = 5.79, p = .01
Paired rates, by observed .05-mo. frequencies	t = 2.50, p = .054	t = 4.50, p = .01
Paired rates, by sq.rts. of .05-mo. frequencies	t = 3.79, p = .02	t = 6.96, p = .01

EARTH ROTATION ALSO INDUCES SIGNIFICANT EFFECTS ON EARTHQUAKE TIMING THROUGH THE LUNAR DAY. — Consideration of the lunar-solar gravitational force components as illustrated in Figure 1 makes it obvious that any point in the earth's equatorial regions must be subjected to a similar range of variation in these forces as the earth rotates on its axis through the lunar day. To test this point, calculations were made of the local lunar-day timing of the 159 earthquakes occurring during the 24 to 26-day anomalistis months whose epicenters were less than 10 degrees from the equator. Figure 3 shows the distribution of quake frequency around the local lunar clocks. It is again



Fréquence des séismes au cours du jour lunaire.
(mois anomaux de 24 à 26 jours) (latitudes terrestres inférieures à 10°)

obvious that any given equatorial point must undergo four reversals in lunar-solar gravitational force intensity as the earth rotates on its axis through each lunar day. These reversals occur at the moon's lower transit, at its upper transit, and at the two points midway between. If the earthquake frequencies for the lunar hours centering on each of these reversal points, plus the two immediately succeeding lunar hours, be paired with the three remaining in each quarter-day, the former are found to exceed the latter to a degree having only. 01 probability of occurrence by the operation of chance alone. In other words, each of the four force reversals seems to generate an upward surge in earthquake occurrence.

Briefly summarizing the lunar-solar relationships to earthquake timing, one can say that lunar phases — both synodic and anomalistic — exert significant influences over earthquake occurrence. Earthquakes occur least often at quarter moons and during the longer anomalistic months, their frequency is greatest at new or full moon during the shorter anomalistic months when the *average* lunar gravitational force exerted in the earth's crust is greatest. Latitudinal variations between equator and poles in the lunar-solar gravitational force components are matched by the expected responses in earthquake timing, — with the maximal lunar phase influence near the equator disappearing in middle latitudes and becoming mildly positive again in the polar regions. An analagous (latitudinal?) effect also applies significantly in earthquake triggering through the lunar day, with each reversal point for the lunar-solar force seemingly sparking a mild three-hour quake epidemic. It would thus seem likely that these sudden reversals, rather than the actual level of applied force, perhaps constitute the most effective factor.

LUNAR PHASES ALSO RELATED TO THE TIMING OF SUICIDAL ACTS. — Suicidal acts were chosen as perhaps the most significant type of human mental response for correlation with phase variations in lunar-solar gravitational forces. Any significant degree of correlation found with suicidal acts would most likely be found to be even higher for such less drastic acts as murders, non-fatal acts of violence, accidents in the home, industrial plant or on the highway, psychiatric episodes, mental performance in the classroom, and for many other troublesome variations in mental or psychologic functions. It seems less likely that the degrees of variation in gravitational force associated with lunar phase changes would initiate measurable variations in physical functions not associated with the central nervous system, although lack of evidence for or against leaves this an open question. The present study is thus to be regarded as a preliminary exploration into the general field of human reactions to extra-terrestial forces.

TABLE 4

Lunar Phases in Relation to the Timing of Suicidal Acts

Perigee to perigee (days)	*Total no. of days*	*Total no. of suicidal acts*	*Suicidal acts per 100 days*					*Differences between percentages*		*Probability tests*			
			All	*Syzygy*[c]	*Quarter moons*[d]	*Diff.*	*S.E. diff.*			*Paired percentages*			
										Actual frequencies		*Sq.rts. of frequencies*	
								t	p	t	p	t	p
24 to 29	23,871	5,534	23.18	23.50	22.73	0.77	0.70	—	—	—	—	—	—
24 to 26	4,248	973	22.95	21.12	24.61	3.49r	0.70	2.05	.1	—	—	—	—
27,28[a]	13,641	3,237	23.73	25.27	23.00	2.27	0.94	2.42	.015	4.08	.01	4.05	.01
29,28b	5,982	1,324	22.13	21.39	21.07	0.32	—	—	—	—	—	—	—
24 to 26			22.95			0.78	0.72	—	—	—	—	—	—
27,28[a]			23.73										
29,28b			22.13			1.60	0.65	2.46	.015	2.86	.01	2.62	.015
24 to 26				21.12		4.15	1.29	3.33	.005	7.30	.001	6.35	.001
27,28[a]				25.27									
29,28b				21.39		3.88	1.24	3.12	.005	3.03	.04	2.98	.035

a. 28-day anomalistic months located between 27s and 29s.

b. 28-day anomalistic months located between two 29s of same cycle.

d. 0.1 mo.before + 0.1 mo.after syzygy.

d. 0.1 mo.before + 0.1 mo.after quarter moons.

t = Diff./S.E. diff.

p = probability of occurrence by operation of chance alone.

Coroner records from Jan. 1, 1900, to May 10, 1965, on suicidal deaths in Hamilton County, Ohio, were surveyed and some 5534 selected in which the time of the suicidal act was satisfactorily established as to the day of occurrence (regardless of the day of death). The same techniques described in an earlier section of this article on earthquake timing were now applied to this series of suicidal acts, the results being summarized in Table 4. As was found with the timing of earthquakes, two mathematically significant relationships are evident. First, suicidal acts show a significantly greater tendency to occur at new or full moon than at quarter moons, but only during the anomalistic months of intermediate length. Second, the total number of such acts per 100 days available is significantly higher in the anomalistic months of intermediate length than in the longer but not the shorter ones. This difference becomes of high mathematical significance with the frequency of such acts at new or full moon periods of the anomalistic months of intermediate length as contrasted with those of longer or shorter duration (see lower section of Table 4). Further refinement of this statistical study may well indicate even more sharply a specific anomalistic month length for maximal correlation with the timing of suicidal acts.

It should be borne in mind that this study was carried out at Cincinnati, Ohio, at latitude 39° 8' N., in the middle latitudes where earthquakes were found (Table 2) to be least affected by lunar phase influence. It would seem highly advisable that this same type of study be carried out in some equatorial area having available adequately reliable statistics. Even with the Cincinnati suicide records, in only a relatively small proportion of cases could the actual hour of the act be satisfactorily specified.

GENERAL DISCUSSION AND CONCLUSIONS. — One more step has now been taken in this codification of the effects of extra-terrestial forces acting upon the earth and its inhabitants. Modern scientific methods have again verified the beliefs and sayings of the wise men of antiquity. Lunar-solar forces clearly impinge, not only on the earth's airs and seas, but also upon its solid crust and the human inhabitants living thereon. The present study would seem to provide ample justification for its expansion into many other facets of human reactions, particularly those based on brain functions. Controlled laboratory studies are also needed, to separate the effects of gravity variations from those of barometric pressure or of oxygen tension.

In view of the results here reported on the relation of lunar phases to suicidal acts, it would seem highly important that close investigations be made of similar effects possibly associated with the vertical transport of people in today's tall buildings. One or two daily round trips of such travel involves gravitational changes even greater than the

4-daily ones at new moon, while the crews of jet planes undergo still more marked gravitational fluctuations in each flight. There has in fact arisen a strong suspicion that this factor may be at work in the take-off and landing-approach disasters of recent years of jet travel, although inadequate numbers of such occurrences allow no final answer as yet. It is to be hoped that this environmental factor in man's further excursions into vertical transport be carefully studied for its subtle effects on man himself. Who knows whether or not these lunar-solar forces, in their 4-daily reversals and maximal effectiveness in tropical latitudes, may be an important factor in fostering more mercurial and unstable dispositions in tropical residents?

Cincinnati, University, Emeritus Professor of Experimental Medicine.

C. A. MILLS

REFERENCES

[1] MILLS, CLARENCE A. - *Medical climatology*. C. C. Thomas, Springfield, Ill., 1939. — *Climate makes the man*. Harper & Bros., New York, 1942. — *Temperature dominance over human life*. Science, *110*, pp. 267-271, 1949. — *World power amid shifting climates*. Christopher, Boston, 1963.

[2] Ibid. - *Extra-terrestial factors in the initiation of North American polar fronts*. Monthly Weather Review, *94*, pp 313-318, May, 1966.

[3] *The american ephemeris and nautical almanac*, pub. annually by Nautical Almanac Office, U.S. Naval Observatory, Washington.

[4] *Siesmicity of the earth*, by B. GUTENBERG & C. F. RICHTER, pub. by Princeton University Press, Princeton, N.J., 1949.

L'ÉVOLUTION DU RÔLE QUE JOUE LA LOI NORMALE DANS LE CALCUL DES ERREURS D'OBSERVATIONS

L'auteur montre d'abord comment la théorie des erreurs élémentaires de Hagen (1837) a confirmé la loi de Gauss comme loi fondamentale des erreurs accidentelles. Certaines observateurs ont cependant constaté, déjà au 19e siècle, que les distributions de ces erreurs présentaient, par rapport à la courbe de Gauss, des écarts qui étaient difficilement explicables par le hasard. C'est seulement à l'époque actuelle, lorsque la technique moderne a permis de constituer des échantillons d'observation contenant un très grand nombre d'éléments, qu'un examen critique de la loi normale est devenu possible. Les travaux décrits ici sont basés sur l'hypothèse que les écarts mentionnés ci-dessus sont dûs au fait que dans le nombre des erreurs élémentaires (dont la somme forme l'erreur accidentelle) certaines d'entre elles peuvent devenir nulles. On admet aussi comme hypothèse de travail que le nombre des erreurs non-nulles suit sa propre loi de probabilité exprimable par une fonction simple. L'expression attribuée à cette fonction modifie la courbe normale et, tout en lui conservant sa forme générale, la rend plus ou moins « élancée ». Les courbes ainsi modifiées paraissent interpréter plus exactement les distributions observées. Un exemple pris parmi les échantillons d'origine métrologique illustre la théorie.

AVERTISSEMENT. — Nous admettrons, dans cet article, que le lecteur est au courant des procédés classiques utilisés pour analyser les résultats d'observations qu'on obtient en répétant un grand nombre de fois la mesure d'une certaine quantité physique fixe. Ces procédés sont généralement bien exposés dans les traités et cours élémentaires de statistique. Nous en énumèrerons donc simplement les points principaux.

(A) L'échantillon constitué par N éléments m_i, $i = 1, 2, ...N$ est classé au moyen d'un petit intervalle approprié Δm. Ceci fournit un certain nombre de classes, la fréquence dans la classe jétant désignée par le symbole F_j; j est un indice arbitraire, généralement entier, permettant de numéroter les classes utiles. La classe centrale s'étend de $-\frac{\Delta m}{2}$ à $+\frac{\Delta m}{2}$ et correspond à $j = 0$. Les autres classes ont des indices égaux à $\pm 1, \pm 2, ...$

(B) On calcule la moyenne $\overline{m}$ et les erreurs $x_i = m_i - \overline{m}$. Ces erreurs sont donc distribuées dans les mêmes classes que les quantités m_i et on a, évidemment, $x = \Delta m$. Le *centre* de chaque intervalle Δm_j se trouve doté d'une abscisse x_j qui exprime la distance entre ce centre et le point $\overline{m}$ pris maintenant comme origine des erreurs.

(C) Le calcul comporte ensuite l'évaluation de la variance σ^2 par la formule de Bessel $\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \Sigma_i x^2_i$, et la courbe des fréquences « théoriques » f_j est tracée au moyen des tables de la fonction normale

φ (λ_j) où λ_i est l'erreur « réduite », égale à $\frac{xj}{\sigma}$. La fréquence f_j est donnée par la relation $f_j = N\ \varphi\ (x_j)\ \Delta\lambda$, $\Delta\lambda$ étant la valeur réduite de l'intervalle, c'est-à-dire $\Delta\lambda = \frac{\Delta m}{\sigma} = \frac{\Delta x}{\sigma}$.

En général, tous les paramètres ($\overline{m}$, σ, etc.) sont exprimés en fonction de Δx pris comme unité.

1. - INTRODUCTION. — La mesure a toujours été considérée comme l'une des plus importantes opérations scientifiques. Dans son essence, elle conduit à exprimer une grandeur physique concrète (longueur, temps, température, etc.) par un nombre. Pour les savants du siècle passé, la mesure était même la plus importante des opérations et le fait de ne pas pouvoir exprimer quelque chose par un nombre était considéré comme une indication que nos connaissances « sont d'une bien pauvre espèce et bien peu satisfaisantes » (Kelvin).

La science actuelle a une appréciation philosophique plus équilibrée: bien des savants modernes ont fait remarquer à juste titre qu'une telle opinion conduit à sous-estimer les oeuvres aussi capitales que celles d'un Darwin ou d'un Pasteur. Correctement classée dans l'ensemble des opérations scientifiques, la mesure occupe maintenant la place qu'elle mérite et qui est toujours d'une importance considérable.

Par suite de sa relation avec la statistique et le calcul des probabilités, la science des mesures a même connu, dans ces dernières décades, une renaissance remarquable. Ceci est dû au fait que la mesure (en tant qu'une opération mécanique et physique) bénéficie énormément de tous les progrès techniques modernes, qu'elle demande moins d'effort de la part de l'observateur et qu'elle peut, beaucoup plus facilement qu'autrefois, être répétée un grand nombre de fois. Il suffit, pour s'en convaincre, de comparer les difficultés que présentaient pour un Delambre le transport et le montage d'un cercle divisé de plusieurs pieds de diamètre, au transport si aisé d'un théodolite moderne dont le cercle divisé (et de quelle qualité...) n'a pas plus de 10 cm de rayon. Un autre exemple nous est fourni par la mesure astronomique du temps qui ne s'effectue pour ainsi dire plus au moyen d'une lunette méridienne classique. L'un des instruments utilisés à cet effet est le télescope zénithal à miroir de mercure et muni d'un appareil photographique. Chaque photographie conduit à toute une série d'observations qu'un opérateur effectue commodément, dans le confort d'un laboratoire bien organisé. Les résultats du pointage des étoiles sur la plaque photographique sont même directement enregistrés sur les cartes d'une calculatrice électronique....

Toutes ces modifications dans la technique des observations ont provoqué un accroissement considérable de la dimension des échantillons de mesures (on appelle « dimension » d'un échantillon le nombre total des éléments qu'il renferme). Tel n'est peut-être pas encore le

cas dans toutes les branches de la science mais il est certain que les progrès techniques finiront par atteindre les domaines qui semblent, pour le moment, en être encore très éloignés.

2. - MESURES ET STATISTIQUE. — La science que l'on appelle actuellement « la statistique mathématique » est formée de trois branches qui se sont constituées au cours de ces trois derniers siècles, à peu près dans l'ordre chronologique suivant:

1. la théorie des jeux de hasard,
2. la théorie des erreurs d'observations,
3. la statistique mathématique moderne dont certaines parties sont parfois plus spécifiquement désignées par le nom de « calcul des probabilités ».

C'est il y a un peu plus d'un siècle et demi que les grands génies tels que Legendre, Gauss, Laplace ont bâti d'une seule pièce, pour ainsi dire, la branche qui nous intéresse tout particulièrement, c'est-à-dire la théorie des erreurs d'observations. Leur principal objectif était de dégager des méthodes et des procédés de calculs capables de conduire par l'élimination de l'influence perturbante des erreurs accidentelles aux valeurs les plus probables des quantités mesurées. Toute cette période de la science des calculs d'observations, vouée à la recherche des méthodes de compensation[1], est complètement dominée par la loi normale. En réalité, l'outil que les savants du 19e siècle ont forgé et transmis aux générations suivantes peut être qualifié de « trop parfait » si l'on tient compte de la qualité et de la quantité des mesures qu'il leur était possible d'analyser. Il nous faut donc rendre un grand hommage à ceux qui ont su « idéaliser » les échantillons de mesures dont ils disposaient. Ils ont su, en travaillant sur des échantillons de relativement petites dimensions et d'une qualité médiocre, et en se basant sur quelques règles élémentaires tirées des jeux de hasard, construire des méthodes dont la science moderne devait plus tard confirmer la justesse et l'utilité pratique.

Mais c'est précisement ici que surgit une question nouvelle: la qualité et la dimension des échantillons de mesures modernes ont-elles vraiment et inconditionnellement sanctionné les conclusions de la théorie des erreurs telle qu'elle a été construite par Gauss, Laplace, etc.? Assurément, on peut le dire sans la moindre hésitation, toutes les observations de haute qualité confirment la justesse *approximative* de la loi normale. Il ne peut donc être question de détrôner franchement cette loi ainsi que la fameuse équation de la « courbe en cloche »! Peut-être pourrait-on aujourd'hui (comme dans bien d'autres cas

[1] Gauss a proclamé à plusieurs reprises que la théorie des compensations des observations était le plus important de tous ses travaux scientifiques.

analogues) envisager une sorte de deuxième approximation. Cette deuxième approximation pourrait s'ajouter à la somme de nos connaissances sans prétendre en *remplacer* une partie. Pour pouvoir dépasser les limites que nous impose la loi normale, il nous faut examiner avec un esprit très critique les fondements expérimentaux et les hypothèses fondamentales sur lesquelles cette loi est bâtie.

3. - PREMIER EXAMEN CRITIQUE DE LA LOI NORMALE. — Pour être juste, il faut reconnaître d'emblée que dès le début du vingtième siècle (et même un peu avant) des observateurs qui ont eu la possibilité d'analyser quelques rares échantillons d'assez grande dimension, ont constaté que certains écarts par rapport à la loi normale étaient trop systématiques pour être imputés au simple hasard. Faute de pouvoir donner une explication expérimentale à ces écarts, ils les ont simplement attribués aux « défauts », autrement dit aux causes qui, avec les progrès généraux de la science, devaient automatiquement finir par disparaître. Si telle attitude était justifiable envers les échantillons désordonnés ou fortement asymétriques, elle l'était beaucoup moins envers les cas que nous aurons à traiter dans la suite de cet article.

Sous l'influence du grand mathématicien anglais Karl Pearson, la statistique, qui dans le dernier quart du 19e siècle s'est étendue aux domaines les plus variés, par exemple la biométrie, a été dominée par la notion du « moment ». On peut même dire que les statisticiens tels que Charlier, Gram etc. ont eu la tendance de lui attribuer un rôle exagéré. S'il est évident que la somme des $n^{ièmes}$ puissances des éléments d'un échantillon constitue une information précieuse à certains points de vue, le fait de connaître quelques premiers moments est loin d'être suffisant pour décrire *toutes* les propriétés intéressantes de la population d'un échantillon, en particulier, de révéler les détails de sa structure interne. D'autre part, le recours aux moments d'ordres de plus en plus élevés conduit à des nombres énormes, d'un maniement très difficile, même avec l'aide des machines calculatrices électroniques. La théorie des moments, ou restera quasi-oubliée, ou attendra d'être ravivée par quelque idée nouvelle, si toutefois la chose est possible. Le lecteur qui voudrait se familiariser avec la technique des moments devra avoir recours à des classiques plus anciens, par exemple Cramér, ou lire les publications originales des auteurs cités ci-dessus.

Partiellement apparentée à la technique des moments, mais tellement plus utile et efficace, est celle du « chi-carré ». Elle est trop connue de tous les statisticiens pour qu'il soit utile d'en parler ici. Malheureusement, chi-carré partage avec les moments un défaut important: il ne donne aucune indication sur la structure intérieure de l'échantillon. Lorsque chi-carré est petit, il confirme statistiquement la vrai-

semblance d'une certaine hypothèse, mais, lorsqu'il est grand, il ne donne aucune indication directe sur la manière dont un diagramme observé s'écarte de l'hypothèse suggérée. Nous arrivons ainsi à la conclusion, assez décevante d'ailleurs, que souvent c'est par le seul dessin que nous pouvons apprendre quelle est la position des points observés par rapport à la courbe théorique correspondante.

Profitant du fait, fort opportun, que la science moderne nous permet d'obtenir des échantillons de mesures de haute précision, fort homogènes et réguliers, et, en plus, contenant souvent des milliers d'éléments, penchons nous encore une fois sur la question: pourquoi la loi normale n'est-elle pas mieux suivie dans les ensembles de mesures répétées? Commençons, au paragraphe suivant, par examiner la théorie des erreurs élémentaires qui, en fin de compte, constitue la véritable liaison entre la statistique des erreurs accidentelles et la réalité physique inhérente aux opérations de mesure.

4. - La théorie des erreurs élémentaires. — Cette théorie est due au mathématicien, ingénieur et physicien allemand Hagen (1837). Il est certain que la notion d'erreur élémentaire était familière à un grand nombre d'observateurs antérieurs à Hagen mais elle était plutôt imprécise et se confondait vraisemblablement avec la notion d'une erreur très petite. On a l'impression par exemple, que Delambre se représentait une erreur accidentelle comme une agglomération d'erreurs plus petites, de grandeurs diverses d'ailleurs.

Hagen fut le premier à donner à l'hypothèse des erreurs élémentaires une forme mathématique précise. On distingue dans son hypothèse les trois points suivants qui constituent les fondements de sa théorie:

(a) une erreur accidentelle est la somme d'un très grand nombre d'erreurs élémentaires, une erreur élémentaire pouvant être positive ou négative.

(b) toutes les erreurs élémentaires peuvent être considérées comme ayant la même valeur absolue.

(c) la probabilité d'une erreur élémentaire positive est égale à celle d'une erreur négative.

Partant de ces trois points, Hagen a démontré directement que l'erreur accidentelle doit suivre la loi normale, ainsi que Gauss et Laplace l'ont publié à peine quelques années auparavant. En réalité, Hagen, Gauss et Laplace ignoraient totalement que la loi normale était déjà vieille d'un siècle, comme le prouve un « acte de naissance » formel daté du 12 novembre 1733 et appelé « Approximatio ad Summam Terminorum Binomii $(a + b)^n$ in Seriem expansi ». Ce document rarissime (on en connait seulement deux exemplaires) est l'oeuvre de

de Moivre. Par un concours de circonstances invraisemblables, il est resté totalement ignoré du monde entier jusqu'au jour où Karl Pearson l'a retrouvé et fait connaître. Par suite de cette « perte » de plus d'un siècle et demi l'évaluation des mérites relatifs entre les divers bâtisseurs de la statistique des erreurs (et de la statistique tout court...) se trouva faussée. Si le fameux « Approximatio » avait eu une existence normale (comme ce fut le cas de toutes les autres publications de de Moivre), la théorie des erreurs aurait évolué tout autrement. Il est en outre merveilleux de constater que les travaux de de Moivre et ceux de ses illustres prédécesseurs Jacob et Nicolas Bernoulli, ont été des spéculations purement théoriques et qu'ils ont abouti à une équation qui, à cette époque, ne pouvait matériellement pas avoir la moindre application pratique. On peut dire que de Moivre et les Bernoulli ont été d'un siècle en avance sur la science de leur temps. De toute façon, la loi exponentielle dite la loi normale est la loi de de Moivre et elle ne peut être appelée « loi de Gauss-Laplace » que *lorsqu'elle s'applique aux erreurs accidentelles.*

Nous n'allons pas exposer ici les calculs et déductions qui constituent la théorie élémentaire de la distribution binomiale et sa transformation en la loi continue telle qu'elle est exprimée par la classique formule exponentielle. Nous allons néanmoins en indiquer les résultats. Supposons donc qu'une certaine quantité physique ait été mesurée N fois ce qui nous a fourni N résultats m_i ($i = 1, 2, ...N$) et, par conséquent, N erreurs d'observations $x_i = m_i - \overline{m}$, $\overline{m}$ étant la moyenne de toutes les valeurs obtenues m_i. Nous admettrons aussi comme hypothèse *sine qua non* que les N mesures ont été effectuées dans les conditions « statistiquement équivalentes » c'est-à-dire que ces mesures sont entachées d'erreurs exclusivement accidentelles[1].

Admettons maintenant que chaque erreur x_i soit la somme de k erreurs élémentaires qui, en conformité avec la théorie de Hagen, sont toutes égales en valeur absolue à une certaine quantité que nous désignerons par $\frac{\varepsilon}{2}$ ($\varepsilon > 0$). La probabilité que l'erreur sera égale à $+\frac{\varepsilon}{2}$ est égale à celle de l'erreur $-\frac{\varepsilon}{2}$: les deux probabilités seront donc toutes les deux égales à 0,5. Nous n'allons pas reproduire ici les déductions de Hagen et nous indiquerons simplement que, d'après les théorèmes relativement élémentaires que le lecteur trouvera dans tout traité du calcul des probabilités, la densité de probabilité de la variable aléatoire x sera donnée par l'expression

$$(1) \qquad f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\, e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

[1] On dit aussi parfois « conditions identiques » ou « parfaitement stables » etc. Ces termes peuvent prêter à confusion: les conditions *identiques* ne pourraient mener qu'aux résultats *identiques.*

où l'écart-type σ est lié aux valeurs introduites ci-dessus par la relation

$$\sigma = \frac{\varepsilon \sqrt{k}}{2} \tag{2}$$

En d'autres termes, la possibilité élémentaire que l'erreur x soit logée dans l'intervalle (x, x + dx) sera donnée par la formule

$$dP_x = f(x)\, dx = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx \tag{3}$$

Une remarque générale s'impose ici: lorsque nous avons introduit, avec Hagen, les quantités ε et k, le lecteur a peut-être eu l'impression que nous avions créé des entités totalement inaccessibles à l'analyse. Ceci est partiellement correct, mais il faut remarquer que, pour le calcul de l'écart type, les quantités ε et k n'ont aucune raison d'être dissociées l'une de l'autre: le carré de l'écart-type σ^2, étant égal au deuxième moment μ_2 de la variable x, est calculable numériquement par la formule de Bessel, directement à partir des erreurs observées x_i. On a en effet:

$$\sigma^2 = \mu_2 = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} x^2 e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N} x_i^2, \tag{4}$$

de sorte que l'on peut écrire, formellement,

$$\frac{\varepsilon^2 k}{4} = \frac{1}{N-1} \Sigma x_i^2 \tag{5}$$

L'une des inconnues de cette équation peut évidemment être choisie *arbitrairement*, par exemple on peut poser que k = 100 et en déduire la valeur correspondante de ce qu'on peut *appeler* d'une manière conventionnelle « erreur élémentaire ». Cette opération peut acquérir un certain sens si l'on identifie la quantité ε avec la valeur de l'intervalle Δx au moyen duquel l'échantillon des erreurs x_i a été classifié. On en déduit le nombre théorique des classes en lesquelles l'échantillon est sensé être distribué. Le lecteur pourra vérifier que, dans les exemples concrets, la valeur de k est généralement beaucoup plus grande que le nombre de classes réellement occupées par des éléments. Pour donner aux théories de Hagen une dernière touche, nous dirions que si ε tend vers zéro et que, par compensation, k tend vers l'infini, le produit $(\frac{\varepsilon}{2})^2.k$ reste constant et égal au second moment de l'erreur x.

5. - La loi normale modifiée. — Comment les échantillons d'erreurs provenant des observations modernes confirment-ils la loi normale (1) où σ est donné par la formule de Bessel (4)? Beaucoup d'entre eux, et parmi les meilleurs, conduisent à des diagrammes très analogues à celui de la figure 1, c'est-à-dire que la ligne brisée qui représente les fréquences observées est plus « élancée » que la courbe normale correspondante. Pour s'en convaincre, le lecteur peut copier sur un papier transparent cette ligne brisée et demander à une personne non avertie de dessiner une « courbe en cloche » représentant au mieux cette ligne. La courbe tracée à la main passera, au centre, bien au-dessus de la courbe normale théorique et au-dessous de cette dernière dans les régions moyennes. Le diagramme suggère donc une courbe en cloche où la valeur σ serait inférieure à celle que donne la formule (4). On peut même se demander si la diminution de σ ne proviendrait pas du fait que dans l'expression (2) la valeur de k pourrait devenir plus petite que le nombre total des erreurs élémentaires. Comme le lecteur le verra dans le paragraphe suivant, c'est bien cette idée qui constitue le point de départ des modifications que nous allons faire subir à la théorie de Hagen.

Abandonnons provisoirement la notion d'erreur élémentaire pour nous attacher à celle de la *cause* d'erreur élémentaire (ou, simplement « cause élémentaire »). Envisageons, par exemple, l'axe optique d'une lunette dont toutes les composantes (lentilles, prismes, etc) sont à la même température. Si la température d'une lentille subit une petite élévation (pour une raison fugitive quelconque) l'axe optique peut être dévié, par exemple vers la droite, d'un millième de seconde d'arc. Selon Hagen cette même lentille peut tout aussi bien être le siège d'une baisse de température, capable de produire une déviation identique, mais vers la gauche; et selon Hagen, si une cause élémentaire *existe*, elle est *obligée* de produire une déviation, soit vers la droite, soit vers la gauche. Hagen n'envisage pas la possibilité que la cause déviatrice puisse aussi ne pas exister ou être, dans certains cas, inopérante; en d'autres termes, que l'erreur élémentaire puisse parfois devenir *nulle*.

Une telle hypothèse, si simple et anodine en apparence, soulève en réalité une série de questions fort délicates. Si nous admettons que, sur k causes élémentaires, n seulement ($n \leq k$) produisent des erreurs $+\frac{\varepsilon}{2}$ ou $-\frac{\varepsilon}{2}$ et $Z = k - n$ sont, à un moment donné, inopérantes, nous nous trouvons devant *des problèmes statistiques entièrement nouveaux*, qui nécessitent donc l'introduction d'hypothèses nouvelles. En effet, *si l'on veut traiter la question par les méthodes statistiques*, il nous faut admettre que

[1] le nombre n suit une loi de probabilité bien définie qui peut être exprimée par une fonction ø (n),

[2] on peut donner à cette fonction des formes analytiques bien définies.

Malheureusement, il n'existe aucun critère spécifique sur lequel le choix d'une forme puisse être basé. Nous sommes donc réduits à faire appel à notre intuition et à certaines conditions générales, p.ex. que la fonction doit être simple, acceptable du point de vue expérimental et ne doit pas introduire dans la théorie des erreurs une complexité exagérée. Mais, et surtout, il faut que le résultat final auquel elle conduit soit conforme aux distributions observées. La fonction utilisée dans les déductions qui vont suivre doit être considérée comme un premier coup d'essai: la théorie reste ouverte à toutes les idées et à toutes les suggestions. Il est probable qu'elle passera par des stades d'évolution divers avant d'atteindre une forme plus définitive et plus stabilisée.

Le fait d'adopter une fonction ø (n) a, sur la théorie des erreurs en général, une conséquence fort sérieuse car il entraine automatiquement la destruction du principe (considéré jusqu'à présent comme fondamental) de l'*indépendance des erreurs*; en effet, la probabilité qu'une cause élémentaire sera opérante ne dépend pas de cette cause *seule* mais aussi de toutes les autres causes. La conséquence est d'importance et d'aucuns la regretteront peut-être; mais le principe de l'indépendance des erreurs, est-il absolument intangible et totalement inattaquable?

Il est à remarquer que, dans les hypothèses classiques de Hagen,

on a $$\text{ø}\ (n) = 0 \text{ si } n < k \text{ et } \quad \text{ø}\ (n) = 1 \text{ si } n = k;$$

c'est-à-dire que le nombre d'erreurs nulles est égal à zéro et le nombre d'erreurs non-nulles, n, est toujours égal à k. Nous avons donc la certitude statistique de commettre *toutes* les erreurs élémentaires qui sont possibles, et ce fait assure l'indépendance des erreurs.

Admettons donc, confermément à [1], l'existence de la fonction ø (n): la probabilité que dans une certaine mesure il y aura n erreurs sera égal à ø (n). Si dans l'ensemble des N mesures effectuées par un observateur, on isole par la pensée le sous-ensemble formé par toutes celles où le nombre d'erreurs élémentaires non nulles est égal à un certain n, l'erreur accidentelle résultante dans le sous-ensemble suivra la loi normale d'écart-type

$$\sigma' = \frac{\varepsilon \sqrt{n}}{2}. \tag{6}$$

σ' sera évidemment inférieur ou au plus égal à σ. (Le lecteur fera de lui-même la confrontation évidente entre cette constatation et les remarques de la p. 11).

En ce qui concerne le point [2], il est peut-être plus facile de raisonner sur le problème suivant que sur les erreurs élémentaires. Supposons qu'il existe dans une circonscription électorale $k = 10000$ électeurs. D'après la coutume, *tous* les électeurs sont censés se rendre

aux urnes à une date donnée, mais il est évident que généralement un certain nombre d'entre eux seront empêchés d'accomplir leur devoir par suite d'absences, de maladie, etc. Conformément à [1], la probabilité que le nombre des votants sera de 9000 est égale à ø (9000) et la probabilité que le nombre de votants sera de 3000 est ø (3000). Pourrait-on suggérer une expression acceptable pour la valeur du rapport ø (9000): ø (3000)? L'une des idées qui se présente à l'esprit est de poser

$$\frac{\text{ø (9000)}}{\text{ø (3000)}} = \frac{9000}{3000} = 3.$$

Au lieu de 3 on pourrait suggérer 3^2, 3^3 ou bien, au contraire, $\sqrt{3}$ et même 3^0 c'est-à-dire l'unité. Toutes ces suppositions sont équivalentes à poser

$$\text{ø (n)} = A\ n^a,$$

où A est un facteur de proportionnalité et « a » un paramètre positif pouvant prendre toutes les valeurs entre 0 et $+\infty$. La raison pour laquelle nous gardons « a » positif est que nous ne voulons pas nous éloigner trop de la théorie de Hagen et que, par conséquent, c'est la valeur $n = k$ qui doit demeurer la plus probable. Le cas extrême sera représenté par $a = 0$, où toutes les valeurs de n seront également probables.

La probabilité élémentaire que n tombera dans un intervalle très petit dn sera égale à ø (n) dn et la somme de toutes les probabilités élémentaires devra être égale à l'unité. On aura donc

$$\int_0^k \text{ø (n) dn} = A \int_0^k n^a dn = A \left| \frac{n^{a+1}}{a+1} \right|_0^k = A\ \frac{k^{a+1}}{a+1} = 1$$

Donc,
$$A = \frac{a+1}{k^{a+1}},$$

(7)
$$\text{ø (n)} = \frac{a+1}{k^{a+1}}\ n^a$$

Ceci est donc la forme « normalisée » de la fonction ø(n).

Etant en possession de la fonction ø(n), nous pouvons former la probabilité composée que, d'une part, n tombera dans l'intervalle dn et que, d'autre part, x tombera dans l'intervalle dx. On obtient

(8)
$$\text{ø (n) dn} \cdot \frac{1}{\sigma' \sqrt{2\pi}}\ e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}\ dx$$

où ø (n) est donné par (7) et σ' par (6). La probabilité élémentaire totale dP_x, c'est-à-dire la probabilité que x tombera dans dx quelle que soit la valeur de n s'obtient en intégrant (8) par rapport à n entre les limites extrêmes de n, c'est-à-dire o et k. On obtient, toutes réductions faites,

$$(9) \qquad dP_x = \frac{2\,(a+1)\,dx}{\varepsilon k^{a+1}\sqrt{2\pi}} \int_0^k e^{-\frac{2x^2}{\varepsilon^2 n}} n^{a-1/2}\,dn$$

L'une des propriétés remarquables de cette expression est qu'elle conduit à une forme très simple du second moment de la variable x. Nous désignerons ce moment par le symbole τ^2, en réservant le symbole σ^2 pour le second moment de la variable qui suit la loi normale.

On obtient

$$(10) \qquad \tau^2 = \frac{a+1}{a+2} \cdot \frac{\varepsilon^2 k}{4}$$

Si maintenant on élimine le groupe $(\varepsilon^2 k)$ entre (9) et (10) et si, en plus, on effectue le changement de variable $t = \frac{n}{k}$ on aboutit à

$$(11) \quad dP_x = \frac{(a+1)\sqrt{a+1}}{\tau\sqrt{a+2}\sqrt{2\pi}} \int_0^1 e^{-\frac{x^2(a+1)}{2\tau^2(a+2)}\cdot\frac{1}{t}} t^{a-1/2}\,dt.$$

Ceci est donc la forme finale de la « loi normale modifiée »; la courbe de la densité de probabilité (f(x), qui est ici analogue à (1), s'obtient en divisant le second terme de (11) par dx. Ajoutons, pour prévenir toute possibilité de malentendu que, numériquement, les quantités désignées par les symboles σ et τ sont identiques et que, pour un échantillon donné, elles sont calculées par la même formule de Bessel, c'est-à-dire

$$(12) \qquad \tau^2 = \sigma^2 = \frac{1}{N-1} \sum_i x_i'$$

6. - La forme des courbes normales modifiées. — Puisque $\sigma' \leq \sigma$, la courbe normale modifiée est la somme des courbes qui sont plus élancées que la courbe normale vraie; mais comme, d'autre part, les courbes à grand σ prédominent, la modification qu'elles produisent n'est pas très considérable. Il est évident que plus « a » est petit, plus la courbe normale modifiée est élancée.

Posons dans (3) et dans (11) $x = 0$, on aura

$$dP_x = \frac{dx}{\sigma \sqrt{2\pi}} = \frac{2a+2}{2a+1} \sqrt{\frac{a+1}{a+2}} \left(\frac{dx}{\tau \sqrt{2\pi}} \right)$$

de sorte que le facteur

$$\omega\,(a) = \frac{2a+2}{2a+1} \sqrt{\frac{a+1}{a+2}} \tag{13}$$

indiquera la valeur de l'ordonnée à l'origine de la courbe modifiée par rapport à l'ordonnée analogue de la courbe normale vraie. On trouve ainsi

$$\begin{aligned} \omega\,(0) &= 1.41 \\ \omega\,(1/2) &= 1.16 \\ \omega\,(1) &= 1.09 \\ \omega\,(2) &= 1.04 \\ \omega\,(\infty) &= 1.00 \end{aligned}$$

Ce sont les courbes où $a = {}^1/_2$ et $a = 1$ qui ont été, jusqu'à présent, les plus étudiées, car le plus fréquemment rencontrées dans la pratique. La courbe $a = 1$ a fini par être appelée « linéo-normale » (car Ø(n) est une fonction linéaire en n) et celle où $a = {}^1/_2$, « radico-normale » (à cause du radical $\sqrt{n}$). Le sommet de la première est « surélevé » de 9% tandis que celui de la seconde l'est de 16%. Le lecteur remarquera que si « a » dépasse 2, la courbe tend très vite vers la courbe normale. Pratiquement, étant donné les irrégularités de tous les diagrammes d'erreurs, la courbe où $a = 3$ est à peu près confondue avec celle où $a = +\infty$.

En l'état actuel de la théorie des fonctions normales modifiées, il n'est pas possible de se rendre compte, d'après le diagramme des erreurs observées x_i, quelle valeur du paramètre a convient le mieux à ce diagramme. Si ce dernier a la forme appropriée, tout ce que nous pouvons faire est de tracer, en plus de la courbe normale, les courbes linéo-et radico-normales pour lesquelles les tables ont été établies au moyen de la calculatrice électronique. Ces tables donnent la densité de probabilité en fonction de l'erreur réduite.

$$\lambda = \frac{x}{\sigma}, \quad \Delta\lambda = \frac{\Delta x}{\sigma},$$

x représentant l'erreur observée et Δx l'intervalle au moyen duquel les erreurs x- ont été classées. En général, les valeurs x_i sont exprimées en fonction de Δx pris comme unité (l'écart-type σ est alors aussi exprimé en fonction de cette unité). Dans les tables déjà publiées, la variable λ atteint la valeur extrême 5,50, par échelons de 0,01[1]. La

[1] Ces tables, construites sur le modèle le plus couramment utilisé dans les manuels de statistique élémentaire, ont été établies par Mr. F. Farrell, mathématicien du Centre de Calcul du Conseil National de Recherches à Ottawa (Canada).

table, pour a = 1, donne donc la fonction « linéo-normale », qui est

$$(14) \qquad \varphi(\lambda) = \frac{2}{\sqrt{3\pi}} \int_0^1 e^{-\frac{\lambda^2}{3}\cdot\frac{1}{t}} t^{1/2}\, dt$$

et celle pour $a = 1/2$, donne la fonction « radico-normale »

$$(15) \qquad \varphi(\lambda) = \frac{1{,}5\sqrt{3}}{\sqrt{10\pi}} \int_0^1 e^{-\frac{3\lambda^2}{10}\cdot\frac{1}{t}} dt.$$

Le calcul numérique des intégrales nécessite beaucoup de précaution lorsque la variable d'intégration t s'approche de sa limite inférieure. Le lecteur pourra, à titre d'exercice, étudier la fonction

$$u(t) = e^{-\frac{c}{t}} t^{1/2}, \quad c = \text{constante.}$$

et constater que u(t) présente à l'origine t = 0 un point singulier fort curieux. Onpeut voir, en effet, en formant les expressions des dérivées successives de u(t), que non seulement la fonction mais *toutes* ses dérivées s'annulent à l'origine. En ce point, u(t) a avec l'axe des t un contact d'ordre infini: la fonction n'est donc pas développable en série de Maclaurin au voisinage de l'origine. D'une façon générale, les tentatives effectuées pour transformer u(t), de quelle façon que ce soit, n'ont pas donné de résultats satisfaisants. Le problème de représenter $\varnothing(\lambda)$ par une expression plus facilement calculable (avec une précision de un millionième, par exemple) reste donc ouvert aux chercheurs mathématiciens.

Les tables complètes de $\varphi(\lambda)$ ne peuvent être reproduites dans le présent article; mais pour donner la possibilité au lecteur d'essayer les courbes normales modifiées au cas où il disposerait d'un échantillon intéressant, nous allons en donner un extrait. Dans le tableau I, sont données les valeurs de φ, de $\lambda = 0$ à $\lambda = 4\sigma$, par échelons de $0{,}2\ \sigma$. La table est utilisée de la façon suivante: à partir de x = 0, on trace vers la droite les points dont les abscisses sont égales à 1σ, 2σ, 3σ, 4σ; et vers la gauche ceux de -1σ, -2σ, -3σ, -4σ. Chaque segment de longeur σ est alors divisé en cinq parties égales ce qui fournit vingt points à abscisses positives et vingt points à abscisses négatives: ces abscisses figurent dans la première colonne du tableau. Il suffira de multiplier les valeurs de $\varphi(\lambda)$ par $\frac{N}{5}$ pour obtenir les fréquences théoriques correspondantes f_j[1]. Pour faciliter le travail du lecteur on a

[1] Les points obtenus au moyen du Tableau I ne correspondent pas aux points du diagramme observé. La correspondance complète ne peut être obtenue qu'au moyen de tableaux détaillés.

aussi donné la colonne $a = \infty$ qui correspond à la courbe normale vraie. On remarquera que les courbes se croisent dans la région $\pm 0,6$ σ et ensuite vers 2,2 σ. Les courbes normales modifiées attribuent donc des probabilités légèrement plus élevées aux grandes valeurs de x.

TABLEAU I.

λ	$\varphi(\lambda)$ $a = \infty$	$a = 1$	$a = 0,5$
$0,0\sigma$	0,398 9	0,434 3	0,463 5
$\pm$ 0,2	0,391 0	0,419 2	0,436 5
$\pm$ 0,4	0,368 3	0,381 9	0,386 0
$\pm$ 0,6	0,333 2	0,332 7	0,328 3
$\pm$ 0,8	0,289 7	0,279 1	0,270 8
$\pm$ 1,0	0,242 0	0,226 5	0,217 4
$\pm$ 1,2	0,194 2	0,178 3	0,170 5
$\pm$ 1,4	0,149 7	0,136 4	0,130 6
$\pm$ 1,6	0,110 9	0,101 6	0,097 8
$\pm$ 1,8	0,079 0	0,073 7	0,071 7
$\pm$ 2,0	0,054 0	0,052 1	0,051 5
$\pm$ 2,2	0,035 5	0,035 9	0,036 2
$\pm$ 2,4	0,022 4	0,024 1	0,024 9
$\pm$ 2,6	0,013 6	0,015 8	0,016 8
$\pm$ 2,8	0,007 9	0,010 1	0,011 1
$\pm$ 3,0	0,004 4	0,006 3	0,007 1
$\pm$ 3,2	0,002 4	0,003 9	0,004 5
$\pm$ 3,4	0,001 2	0,002 3	0,002 8
$\pm$ 3,6	0,000 6	0,001 3	0,001 7
$\pm$ 3,8	0,000 3	0,000 8	0,001 0
$\pm$ 4,0	0,000 1	0,000 4	0,000 6

7. - EXEMPLE. — L'exemple qui illustre la théorie donnée dans les paragraphes précédents est emprunté à la métrologie classique. Le lecteur trouvera dans d'autres publications des exemples analogues empruntés à des domaines divers (Voir note bibliographique). Il remarquera certainement que c'est surtout la géodésie et l'astronomie qui ont fourni le plus grand nombre d'échantillons intéressants du point de vue statistique. Ceci ne devrait pas l'étonner: d'une part, dans ces Sciences, les observations sont généralement répétées un grand nombre de fois (échantillons de grande dimension) et, d'autre part, la vision à travers l'atmosphère terrestre, combinée avec les conditions dans lesquelles les observations sont effectuées sur le terrain, constituent une source intarissable d'erreurs élémentaires. Cela conduit à des échantillons où la dispersion est généralement appré-

ciable et ne peut être réduite au dessous d'une certaine limite, même si l'on utilise les instruments les plus perfectionnés.

L'étude des subdivisions des règles graduées (p. ex l'étalonnage des centimètres d'une règle métrique) au moyen d'un comparateur muni des microscopes micrométriques classiques, est aussi un excellent exemple d'opérations qui fournissent des échantillons d'une grandeur moyenne (quelques centaines d'éléments) et d'une dispersion raisonnable. L'élément dont se compose un tel échantillon est ce qu'on appelle l'« erreur résiduelle ». Ainsi l'exemple qui est analysé plus bas est composé de 400 erreurs résiduelles obtenues dans une certaine étude des graduations d'une règle de haute qualité. En fait, on peut dire qu'il équivaut à un échantillon constitué par les mesures répétées d'une quantité égale nominalement à zéro.

Les 400 éléments de l'échantillon[1] sont classés au moyen d'un intervalle Δm égal à 0,05 micron (μm), les éléments extrêmes atteignant $\pm$ 9 Δm (Fig. 1). Toutes les valeurs numériques qui suivent sont données en fonction de $\Delta m = 0{,}05\ \mu m$ pris comme unité. Etant donné que $\overline{m} = 0{,}0275$, les abscisses x_j des centres des intervalles de classification, données par la relation $x_j = m_j - \overline{m}$, prennent les valeurs qui sont indiquées dans la deuxième colonne du Tableau II. Les symboles utilisés correspondent aux définitions données dans l'« Avertissement » (a, b, c).

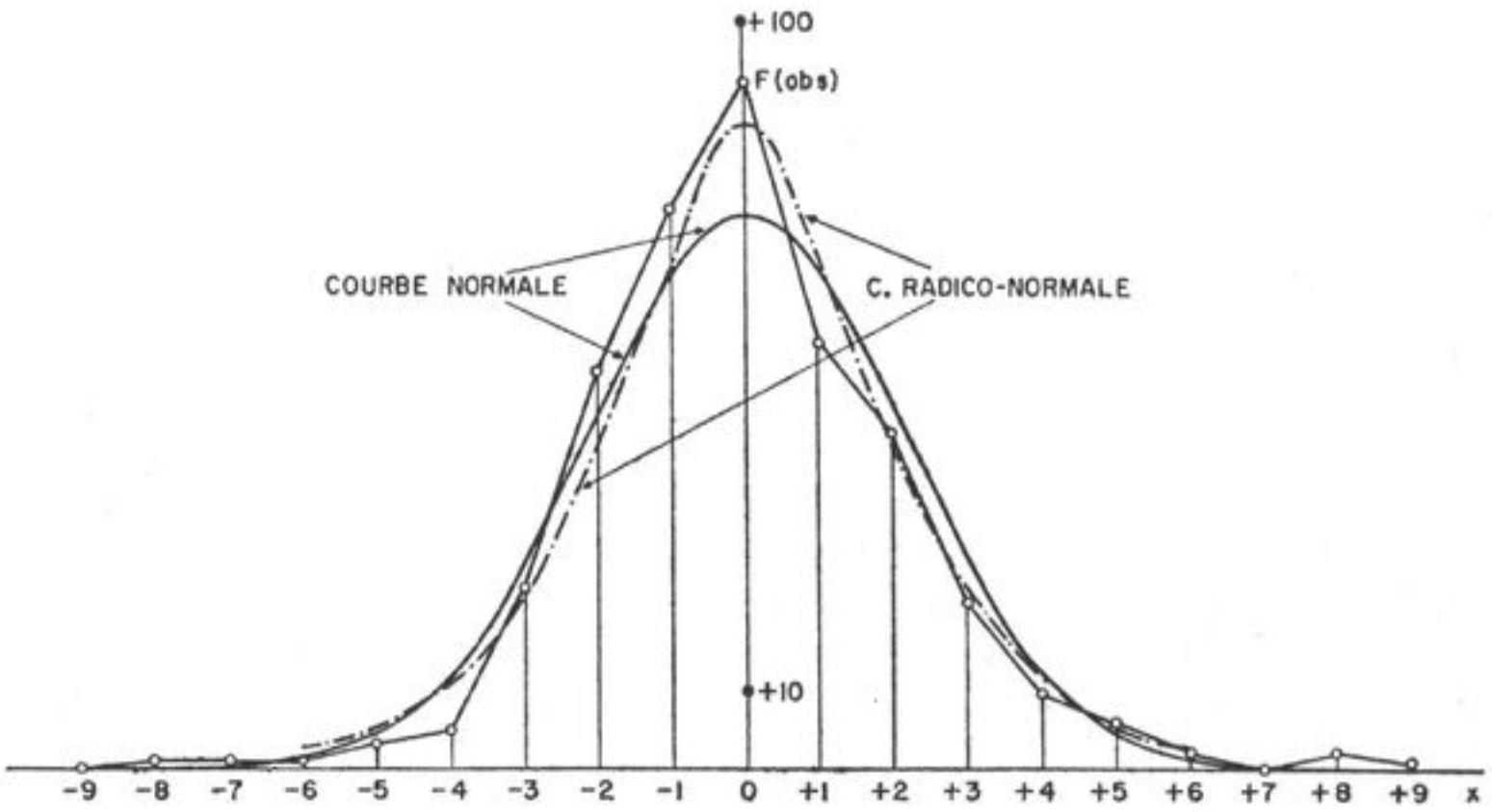


Fig. 1

Il suffit de comparer les fréquences *observées* F_j dans *les intervalles centraux* avec les fréquences *calculées* correspondantes f_j, f_j', f_j'' pour constater que le diagramme observé est situé au dessus de la courbe normale mais que les courbes *modifiées*, linéo-normale ($a = 1$) et ra-

[1] L'auteur remercie Mr. E. G. Thwaite de la Division of Physique Appliquée de la Scientific and Industrial Research Organization de l'Australie, qui a bien voulu mettre cet exemple à sa disposition.

dico-normale (a = 1/2), sont plus proches des résultats expérimentaux que la courbe normale vraie (a = ∞). Pour trancher la question laquelle des trois courbes a la plus grande chance de représenter correctement le diagramme observé, il nous faut recourir au classique test du chi-carré.

On ne donnera pas les détails d'un calcul qui est bien connu de tous les statisticiens; il suffira de signaler que, dans ce test, les quatre intervalles terminaux de chaque aile du diagramme ont été groupés en un seul intervalle: le nombre d'intervalles était donc réduit de 19 à 13. Etant donné que deux degrés de liberté sont utilisés pour le calcul des constantes ($\overline{m}$ et o), le nombre de degrés admis dans le test était égal à $\nu = 11$. Les valeurs de chi-carré et les probabilités P (déterminées au moyen des tables de R. A. Fisher) qui sont données ci-dessous, correspondent aux tests des trois hypothèse que la population dont l'échantillon est tiré possède la structure a) normale, b) linéo-normale, c) radico-normale. On trouve (avec $\nu = 11$) que:

a) $\chi^2 = 21{,}33$ $\quad$ $P = 0{,}03$
b) $\chi^2 = 13{,}82$ $\quad$ $P = 0{,}25$
c) $\chi^2 = 12{,}14$ $\quad$ $P = 0{,}40$

Conformément à l'interprétation bien connue des probabilités P, c'est

TABLEAU II.

				Norm. a = ∞	Lin-nor. a = 1	Rad.-nor. a = 1/2
j	x_j	F_j	λ_j	f_j	f_j'	f_j''
— 9	— 9,0275	0	— 4,2122	0,01	0,04	0,06
— 8	— 8,0275	1	— 3,7456	0,07	0,17	0,22
— 7	— 7,0275	1	— 3,2790	0,34	0,58	0,70
— 6	— 6,0275	1	— 2,8124	1,43	1,83	2,01
— 5	— 5,0275	3	— 2,3458	4,75	5,04	5,15
— 4	— 4,0275	5	— 1,8792	12,74	12,02	11,77
— 3	— 3,0275	24	— 1,4126	27,45	25,01	23,95
— 2	— 2,0275	53	— 0,9460	47,59	44,85	43,17
— 1	— 1,0275	75	— 0,4794	66,37	67,81	67,84
0	— 0,0275	92	— 0,0128	74,44	81,04	86,47
+ 1	+ 0,9725	57	+ 0,4538	67,17	68,96	69,21
+ 2	+ 1,9725	45	+ 0,9204	48,74	46,12	44,42
+ 3	+ 2,9725	22	+ 1,3870	28,45	25,92	24,81
+ 4	+ 3,9725	10	+ 1,8536	13,36	12,56	12,28
+ 5	+ 4,9725	6	+ 2,3202	5,05	5,30	5,41
+ 6	+ 5,9725	2	+ 2,7868	1,53	1,94	2,12
+ 7	+ 6,9725	0	+ 3,2534	0,37	0,62	0,74
+ 8	+ 7,9725	2	+ 3,7200	0,07	0,17	0,23
+ 9	+ 8,9725	1	+ 4,1866	0,01	0,04	0,06

l'hypothèse de la structure radico-normale qui a les plus fortes chances d'être vraie.

8. - REMARQUES GÉNÉRALES. CONCLUSION. — L'introduction dans la théorie des erreurs des distributions autres que la distribution normale soulève un certain nombre de problèmes délicats et importants. Il est probable que les études futures vont se subdiviser en deux classes suivantes:

(A) Etudes du problème fondamental proprement dit, et

(B) Etudes des répercussions d'ordre pratique et théorique, sur la théorie des erreurs et le calcul des observations et, peut-être même sur certaines parties de la statistique mathématique.

Dans la classe A, on peut voir déjà se dessiner deux branches: l'une d'elles est formée des problèmes que pose la représentation des intégrales (14) et (15) par des expressions plus facilement calculables, par exemple avec la simple aide d'une machine à calculer de bureau. L'autre branche est centrée sur le paramètre « a »: elle s'est créée a cause de l'intérêt que présenterait la possibilité de calculer directement à partir des données expérimentales la valeur de « a » qui corresponde le mieux à ces données. Il est même question d'attribuer au paramètre a les fonctions d'un « indice de qualité » de l'échantillon. Tout ceci est encore indécis mais les résultats plutôt médiocres obtenus jusqu'à présent montrent que les problèmes de la classe A sont loin d'être faciles.

L'une des plus importantes « conséquences » que l'on peut ranger dans la classe B est la suivante. Si l'on admet que les erreurs se conforment à la loi normale, la moyenne des observations $\overline{m}$ est inconditionnellement la valeur la plus probable de la quantité mesurée. Ici le terme « la plus probable » doit être pris dans son sens statistique rigoureux: $\overline{m}$ rend maximum le produit des probabilités de toutes les valeurs observées m_i, $i = 1, 2, \ldots N$. Cette propriété est bien connue: m rend minimum la somme des carrés des écarts, c'est-à-dire que la somme $\Sigma\ (m_i - m')^2$ est la plus petite quand $m' = \overline{m}$; d'autre part, étant donné la forme que prend le produit des probabilités des écarts individuels, ce produit (probabilité composée de l'échantillon tout entier) sera maximum pour $m' = \overline{m}$. Il est évident que si la loi des erreurs n'est pas normale, mais par exemple, linéo-normale, la probabilité composée de tout l'échantillon prend une forme beaucoup plus compliquée et n'est plus une fonction de la somme $\Sigma\ (m_i - m')^2$ exclusivement. Cette probabilité peut donc passer par un maximum pour une valeur m', laquelle n'est pas nécessairement identique à $\overline{m}$. Il y a donc une disjonction complète entre la moyenne $\overline{m}$ et la valeur la plus probable que nous avons parfois désignée par le symbole $\hat{m}$. La possibilité d'une telle disjonction, au cas où la loi normale ne serait pas acceptée dans toute son intégrité, avait été prédite par certains statisticiens il y a déjà plusieurs décades (Jeffreys). On peut toutefois montrer que, même si les erreurs suivent la loi normale modifiée, les quantités $\overline{m}$ et $\hat{m}$ sont confondues lorsque les éléments de l'échantil-

lon sont distribués symétriquement par rapport à $\overline{m}$. Dans les grands échantillons de haute qualité, la différence entre $\overline{m}$ et $\hat{m}$ est très faible, mais dans des petits échantillons (et l'on sait que les petits échantillons, par exemple de dix éléments chacun, jouent un grand rôle dans certaines opérations) elle peut devenir appréciable.

L'auteur serait heureux de communiquer avec ceux des lecteurs qui s'occupent des problèmes concernant les observations répétées, quelle que soit leur nature: astronomique, métrologique, géodésique etc. Dans l'état actuel de la théorie des fonctions normales modifiées, ce sont surtout les problèmes d'ordre analytique qu'il serait intéressant et utile de poursuivre. L'auteur adresse ses remerciments à Mr. Pierre Carré et Mr. Georges Leclerc du Bureau International des Poids et Mesures (Sèvres) pour l'aide apportée à la préparation du manuscrit. Les commentaires de Mr. N. T. Gridgeman ont été particulièrement utiles dans la rédaction d'un certain nombre de points délicats de la théorie.

Ottawa, Conseil National de Recherches, Division de Physique Appliquée.

M. ROMANOWSKI

Note Bibliographique

Tous les théorèmes et formules des quatre premiers paragraphes sont exposés dans les ouvrages classiques d'enseignement, soit sur la statistique soit sur la science de mesures ou les calculs de compensation.

Les théories concernant la loi normale modifiée ont paru dans le « Bulletin Géodésique » (19, rue Auber; Paris IX):

No. 73, p. 95 (sept. 1964): théorie générale
No. 76, p. 155 (juin 1965): exemples
No. 78, p. 369 (déc. 1965): tables numériques
No. 83, p. 9 (mars 1967): considérations analytiques.

Les articles des numéros 76 et 78 sont en collaboration avec Mr. Eric Green; le No. 83 contient un article de Mr. Peter McLane sur les fonctions normales modifiées. Il est probable que les idées présentées dans cet article serviront de point de départ pour les recherches à venir.

"ENDOGENOUS" BIORHYTHMICITY REVIEWED WITH NEW EVIDENCE

It is demonstrated that a living system possesses a mean, geophysically dependent, annually modulated, diurnal variation in metabolism. Other evidence has indicated that a wide array of kinds of plants and animals possess a fully comparable responsiveness to their pervasive physical environment. Since organisms held in hitherto presumed « constant conditions » are steadily apprised of the passage of time in terms of phase-angles in the natural cycles of their terrestrial environment, one is no longer compelled to postulate, as most biologists have chosen to believe was necessary, that the « endogenous » rhythms require intraorganismic timers independently and dependably measuring the approximate durations of days, months and years. An alternative explanation is available.

Persistent, or endogenous, diurnal, tidal, monthly, and even annual biological rhythms in carefully controlled constancy of such obvious rhythmic environmental factors as light, temperature, and ocean tides appear widespread in animals and plants. The remarkable adaptive character of these rhythms for adjusting living things to their rhythmic terrestrial environment is self evident. Their extraordinary property of maintaining an unchanging period despite wide temperature differences or the operation of substances altering substantially the general metabolic rate has been frequently cited as evidence for a highly specialized character of whatever the timing system which is involved. It has been generally assumed that since the organism exhibits these periods in unvarying conditions of every factor to which they have been known to be sensitive, a fully autonomous timing system inside each individual organism must be measuring the durations of these periods with considerable precision.

It remained clear, however, that if one were truly to prove the organisms' rhythmic systems to be fully independent of the rhythmic environment it would be necessary to assure the complete absence of any periodic physical input to the organisms. If a periodic physical input to which the organisms were sensitive were present, then theoretically this could be the primary timer of a « clock »-system responsible for regulating the observed biological rhythms, even those with frequencies a little different from any geophysical one such as is commonly seen for « circadian » (not exactly 24 hours) rhythms. Given, for instance, a good watch or clock indicating time of day it is very easy to synthesize a circadian period. To time a $24^1/_4$-hour circadian period, for example, all one needs to do is to initiate the recurring event 15 minutes later each clock-measured 24-hour period, and to

time a 23-hour circadian rhythm, just initiate it one hour earlier. With the same 24-hour clock, therefore, one can readily time any circadian period one wishes. In other words, one can effect what overtly is a frequency transformation. But starting without any such clock or watch the problem of timing a regular circadian rhythm is of far greater magnitude.

Circadian rhythms with periods deviating slightly (up to $\pm$ 5 hours) from 24 hours are commonly seen in living systems. They are easily induced by imposition of an experimental light-dark cyclic regime with a period a little longer or shorter than 24 hours. They are observed as transients in an organism for a few days subsequent to rapid east-west geographic translocation. They commonly occur when an organism is retained in continuous unvarying illumination and temperature.

But while there is general agreement that the normal diurnal rhythms of organisms may under some conditions alter their period slightly and become circadian, there is neither similar certainty nor agreement that the timers of the circadian rhythms also become circadian under these conditions. Upon this latter question hinges a very fundamental and important issue for the circadian rhythm problem.

It is unquestioned that the 24-hour cycles in such obvious factors as light and temperature may determine, or reset, adaptively the overt daily rhythmic changes in living creatures, and indeed normally do reset them following geographic translocations. However, there is no similar consensus as to what keeps the rhythms so nicely timed as to enable them to continue regularly when the organisms are deprived of rhythmic changes in all obvious environmental factors. The unknown means is termed the « biological clock ». Some postulate that a continuing subtle geophysical, 24-hour input times these « clocks » and the 24-hour rhythms observed in Nature are ones that the environmental conditions have *permitted* to reflect directly the period of the clocks. This is the *exogenous* timer hypothesis. Others postulate that a very stable, autonomous rhythmicity possessed independently by each individual organism, usually differing somewhat from 24 hours, is what times the « clocks » and that the 24-hour rhythms observed in Nature are *enforced* ones, depending upon a regular daily resetting by such natural rhythms as that in illumination. This is the *endogenous* timer hypothesis. Theoretically one can account for most known aspects of circadian rhythmicity in terms of either of these alternative hypotheses. However, a third possibility can not be excluded. The « clocks » may normally depend steadily upon actions and interactions of both subtle exogenous and endogenous rhythmic components.

In an attempt to cast some light upon the critical question of whether or not organisms presumably in constant experimental condit-

ions are indeed screened from all information reflecting the varying external environment, we initiated an intensive investigation the first of February, 1956. This has proceeded continuously since that time. It has involved a study of the variations in O_2-consumption of potatoes hermetically sealed in automatic recording respirometers in constancy of all obvious factors. The sprouting potato tuber was

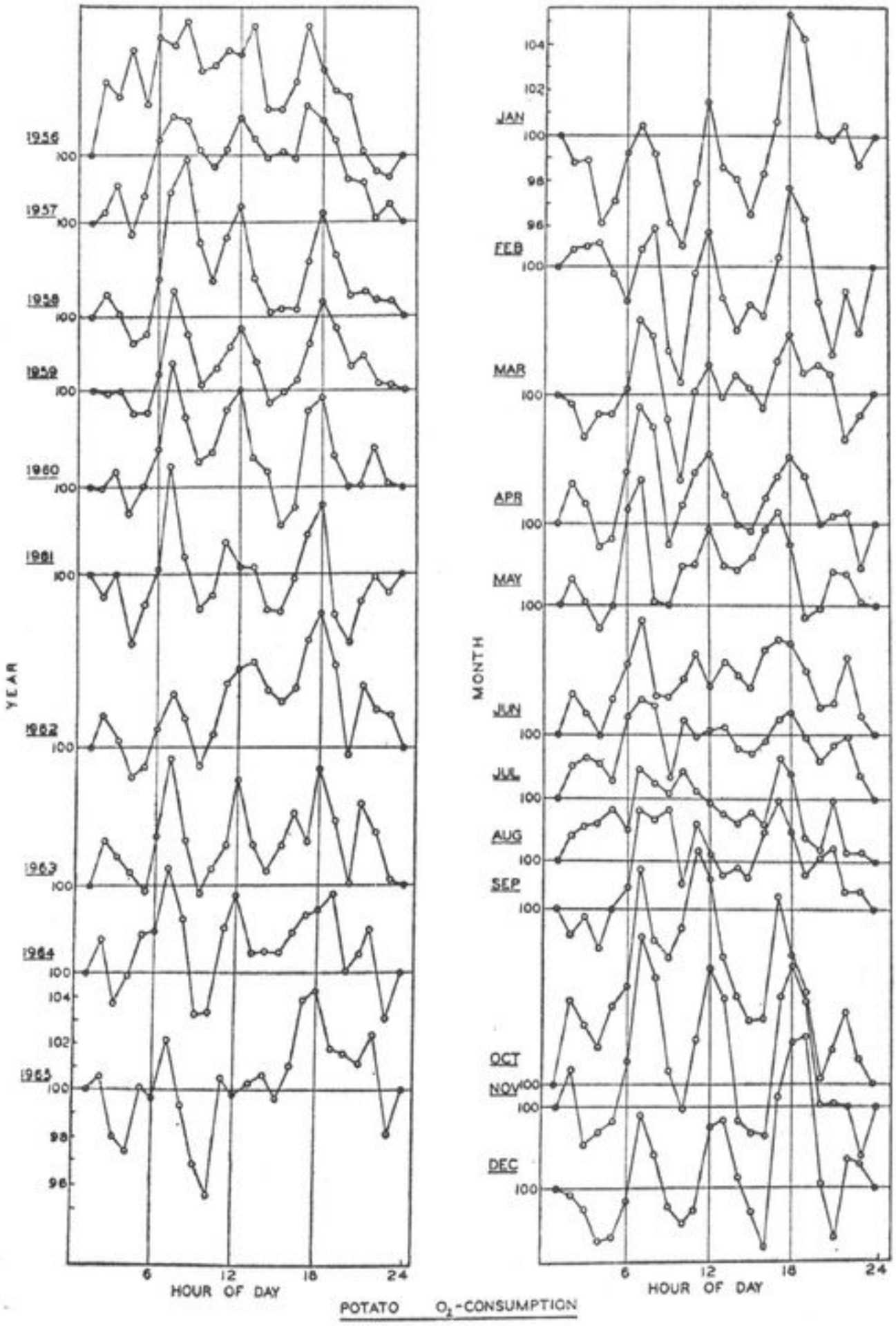


Figure 1.

The mean diurnal patterns obtained during a 10-year continuous hourly study of oxidative metabolism in potatoes for each year (on left) and each month (on right). These are expressed as percentage deviations from a 1 a.m. to midnight linear trend line. The scales are shown for 1965 and January.

Les diagrammes diurnes moyens obtenus pendant une étude horaire continuelle pendant 10 ans du métabolisme oxydatif dans des pommes de terre pour chaque année (à gauche) et pour chaque mois (à droite). Ceux-ci sont exprimés en pourcentages de déviation d'une ligne de tendance de 1 heure de l'a.-m. à minuit. Les échelles sont montrées pour 1965 et Janvier.

selected because it could be sealed away for extended periods without any nutritional problem, was very hardy, and from initial exploratory work seemed to have no significant persistent, overt circadian rhythmic component to complicate the study.

« Eye »-bearing cylindrical plugs cut from the tubers were monitored in a bank of five automatic recording respirometers, each containing four sprouting plugs. The detailed methods and techniques have all been described in earlier publications [1, 2, 3]. Suffice it to say here that the same individual potato plugs remained in the respirometers for from one to nine months during which time they were exposed to the laboratory illumination, temperature, and atmospheric pressure usually for only 12 to 20 minutes at diverse times of day, once every three to eight days while the respirometers were being serviced. The remaining time they were in the hermetically sealed, recording respirometers in constant very low illumination (voltage regulated), constant ambient temperature (20 ± 0.05°C), constant ambient pressure (28.00 in. Hg.), constant humidity (saturated), nearly normal air (constant O_2 by continuous replacement), and constant CO_2 (KOH absorber).

All five respirometers were in continuous operation but no data were ever used from an instrument for any hour of a calendar day upon which it was serviced. In short, no respiratory data were used from potatoes until they had been left completely undisturbed and had essentially stabilized in the controlled experimental conditions for at least eight hours (a very important matter), nor were fractional days of data from the last several hours before servicing an instrument ever used. Respirometer servicing among the five operating systems was staggered so that ordinarily a minimum of three (12 potato plugs) were contributing an uninterrupted 24 hours of data on any given calendar day. Fresh potatoes, Idaho variety, were obtained from local grocery stores to replace plugs as needed.

A summary of all the results pertaining to a diurnal variation in the potatoes over a 10-year period is shown in Figure 1. This includes the more than 86,000 consecutive calendar hours (about three weeks of data were lost in June, 1956) with more that 1¼ million potato-plug-hours of data uniformly distributed over these hours.

It became clearly evident even during the first few weeks of recording that the rate of O_2-consumption was not constant, but fluctuated steadily. Since for the potatoes the metabolic fluctuations included components longer than a day, with conspicuous trends often continuing for up to three or more consecutive days, to investigate any diurnal component in the fluctuations the hourly values for each day were expressed as hourly percentage deviations, from a linear trend line between the 1 a.m. and 12 midnight rates of O_2-consumption of that day.

On the left in Figure 1 are the mean clock-hourly variations expressed as percentage deviations from the linear trends for each of the ten years and on the right, for each month. Clearly evident by inspection of the ten year cycles, without need of recourse to further statistical demonstration[1], is the presence of a polyphasic 24-hour, clock-hour-related mean metabolic variation. It may be pointed out here that had, for example, the hourly barometric pressure values for Chicago for the ten years been treated entirely similarly, on the left would have been isolated and illustrated the regular mean solar-day tide of the atmosphere with its general mean pattern recurring from one year to the next. On the right would have been illustrated the regular mean annual modulation of the solar-day tide, disclosing its maximum value continuing throughout the year about 10 a.m. but with its minimum value systematically drifting from about 8 p.m. in June to about 2 p.m. in December.

Despite the enormous sample for each year — about 120,000 potato-plug-hours of data distributed uniformly over the more than 8700 calendar hours of the year — the results from one year are not an exact replica of those of any other year, just as specific geophysical conditions vary from one year to another. Some of the differences among the daily cycles suggest the occurrence of systematic alterations through two or more years. For example, from 1956 through 1961 there is a steady reduction in daytime values relative to those of nighttime. There are skewings of the cycles which differ from year to year. An additional evening maximum conspicuously appears in 1962 and gradually disappears over the course of 1963, 1964, and 1965. But despite all this, the early morning rise to a 7 a.m. peak, the noon high, and the 6 p.m. peak and subsequent early evening fall remain relatively stable. The mean daily cycle which has been obtained for the whole 11-year period since the initiation of this investigation is depicted in Figure 2.

On the right in Figure 1, the mean 24-hour cycles for the ten years are plotted for each month separately. A more or less systematic annual modulation in cycle form is apparent. Relatively low are the morning values in January and February; these increase rapidly to higher values for April, May and June. These later rise rapidly again to the highest values of the year for October and November. The late afternoon maximum appears to drift between after 6 p.m. in December to before 6 p.m. in June. The noontime maximum virtually disappears for July and August.

[1] *General statistical considerations.* - The mean annual rate of O_2-consumption for the 4-potato-units was about 0.55 ml. O_2/hr. The reading error for a single datum was 0.0760. ml. O_2/hr. (= ca. 14 % of mean rate). The error of the mean hourly values for single years was close to $14/\sqrt{1300} = 0.39\,\%$. The mean error for the total 10-yr. period was ca. 0.12 %. The errors for the mean hourly values for the months average slightly higher, ca. $14/\sqrt{1100} = 0.42\,\%$. The daily ranges illustrated in Figures 1 and 2, being large relative to these errors of the means of the hourly values, confirm their high statistical significance.

An extensive search during the first three years of the investigation disclosed striking correlations with concurrent « random » fluctuations in environmental meteorological parameters [1, 2, 3, 4, 5, 6]. The correlations were of such character, and persistence in successive segments of data, as to indicate that the potato fluctuations were not independent of the organisms' external environment of subtle pervasive forces.

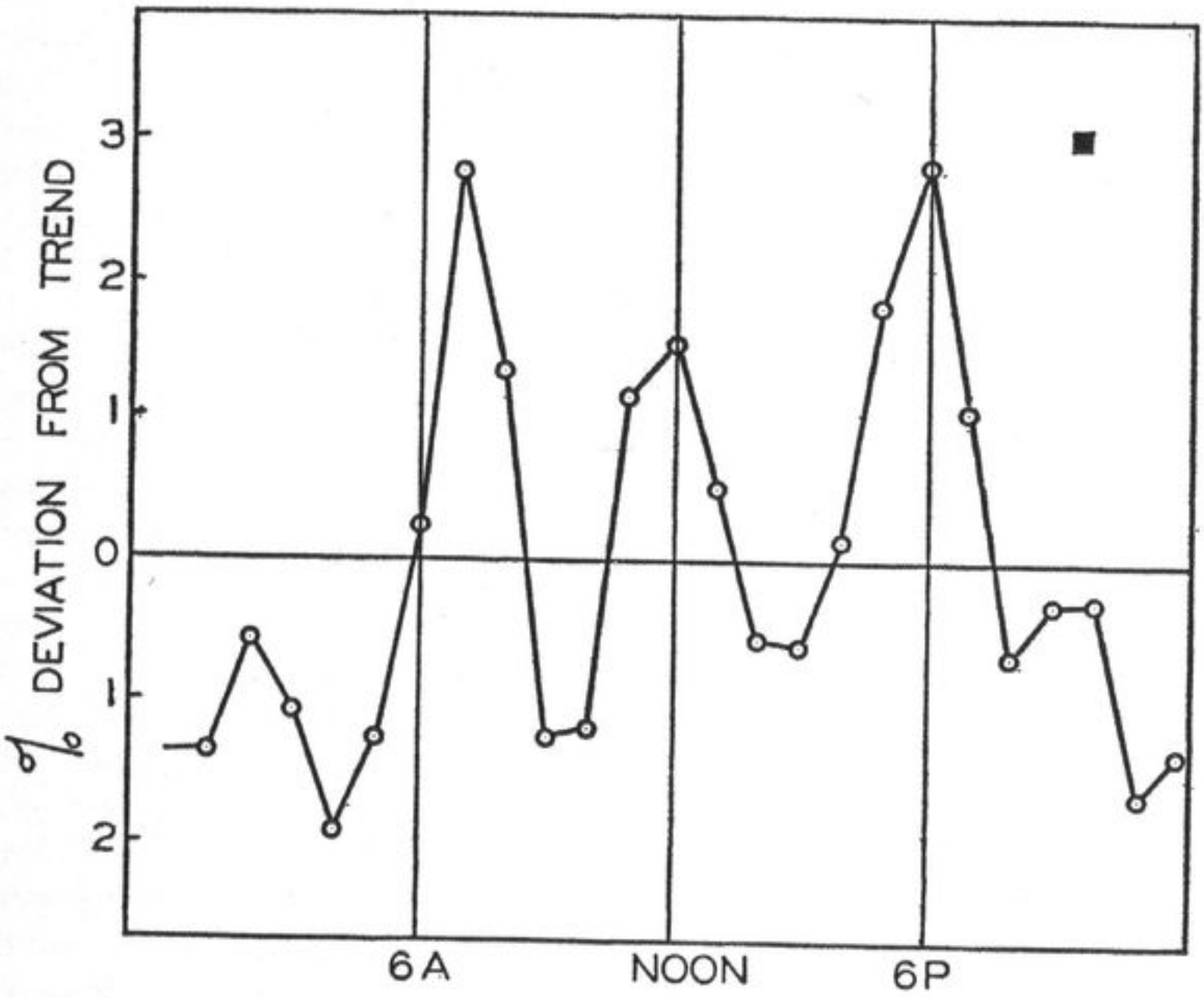


Figure 2.

Mean daily pattern for potato metabolism for the 11-year period of study (Feb. 1, 1956 through Jan. 31, 1967). The mean error due to reading errors is indicated by the block in the upper right.

Diagramme journalier moyen pour le métabolisme de la pomme de terre pendant la période d'étude de 11 ans (ler Fév. 1956 jusqu'à 31 Janv. 1967). L'erreur moyenne due aux erreurs de lecture est indiquée par le bloc dans la partie supérieure droite.

Despite the fact that the recording respirometers were in a large, thermostatically controlled bulding, and the water baths of the respirometers were, in addition, thermostatically regulated in a very precise manner, it was discovered that the average metabolic rate between 10 a.m. and 1 p.m. expressed as deviation from the daily linear trend line was correlated with very high statistical significance with the mean air temperature for that same 24-hour day as it was being monitored at a nearby meteorological station by the U. S. Weather Bureau. The sign of the correlation was + for air temperatures below

57° F.and - for air temperatures above this value [2]. This correlation did not depend importantly upon any correlation which might be expected to occur between two quite independent annual variations since significant correlations could be found using the entire range of values occurring in single months of the year.

The metabolic deviation from trend for the 4 to 7 a.m. period was found to be correlated with the barometric pressure change that had occurred between 2 and 6 o'clock that same morning. Independently, the metabolic deviation for the 4 to 7 p.m. period was correlated with the barometric pressure change occurring between 2 and 6 that same afternoon. The correlations with the pressure dropped precipitously to insignificance as one moved to the earlier of later comparable relationships in the day. No such correlations with pressure change were found for comparable relationships for other hours of the day as, for example, between the 10 a.m. to 2 p.m. pressure change and the noon to 4 p.m. metabolic deviation. The clock times of maximum correlation, about 12 hours apart in the day, were highly specific. The sign of the *morning* correlation of the potatoes with the specific barometric pressure parameter reversed twice each year, concurrently with the twice-a-year direction reversal of the mean *2 to 6 p.m.* atmospheric pressure change as the solar tidal component underwent its systematic annual modulation.

Like the temperature ones, the pressure correlations reflected essentially the whole range of the day by day unpredictable fluctuations in these meteorological parameters. The range of the individual daily values of the potatoes contributing to these temperature and pressure correlations could reach to 30% or more of the daily mean rate. The potatoes were doing this even while being thoroughly shielded from contact with these specific temperature and pressure fluctuations themselves. The potatoes also continued to correlate with the same specific environmental parameters all the while these latter were undergoing their well-known extensive and characteristic natural annual variations.

The high statistical significance of the correlations obtained despite the fact that all were calculated on the simplest assumption, or first approximation, namely that the two parameters were linearly related. It is important to note that correlating a single daily geophysical value with a single organismic daily value as was done here, eliminated any possibility that the correlation was simply an expected result of correlating two completely independent phenomena possessing a daily period of variation in common. The method employed, in effect correlated only the day to day weather-associated modulations of any daily atmospheric variation with any corresponding modulations which might occur in the day to day organismic daily ones. The peaking of the correlations at the two sharply delimited times of day emphasizes

not only the specificity of a 24-hour periodicity in an effective geophysical parameter but confirms unequivocally other abundance that we are not dealing with any undiscovered instrumental artifact.

The specific correlations which have just been reviewed have as their only apparent interpretation that twice each day with a 12-hour interval, a) as sunrise and b) as sunset is approached, the organism responds to some subtle pervasive geophysical variation whose strength, character, rate of change, pattern of oscillation, or some other property is either modulated by the concurrent change in barometric pressure, or possibly even influences the pressure change. The pressure changes include random weather-system associated and also periodic solar, lunar and annual components. The organismic response must include an induced alteration in rate of cellular oxidations since this was the biological assay.

The correlations indicate further that the noontime deviation from linear trend (noon-midnight difference) is steadily modulated by some pervasive geophysical force which varies from day to day along with the mean temperature for the whole 24-hour period of that same day. The noontime deviation during the first two years of the study when these specific relationships were investigated quantitatively in detail passed from positive to negative values, through zero, as the atmospheric temperatures dropped from 57° F.

In brief, the character, extent, specificity, and the very high statistical significance of these specific meteorological correlations leave no reasonable doubt that the living organism even when carefully and critically shielded from every obvious environmental variation still possesses fluctuations reflecting a continuing dependence upon pervasive geophysical forces which have hitherto been essentially ignored by biologists.

Day by day differences in range of metabolic deviation from the daily trends were later found to be correlated also with the concurrent day by day differences in range of the diurnal variations in general background radiation being monitored in the same laboratory [7]. It was, however, discovery of a series of remarkably suggestive relationships between detailed daily patterns of metabolic variation in the potatoes (and a number of other organisms, in both respirometers and actographs) and the concurrent ones for primary cosmic radiation, employing data and computations obtained at the Enrico Fermi Institute of the neighboring University of Chicago, that led to the strong indication that our sealed organisms were probably responding to variations in the atmospheric electromagnetic forces including geomagnetism [8]. Primary cosmic radiation doesn't come within many miles of the earth's surface, and no radiation resulting from it which does reach ground level reflects directly the detailed patterns of variation in the primary. However, the intensity of the primary

radiation would be expected to vary inversely with the strength of geomagnetism.

Later extensive experimental work, pursuing this suggestion, has revealed that organisms as diverse as flatworms, snails, and fruit flies are responsive not only to strength and directional changes in very weak magnetic fields, but also to alterations in weak electrostatic and gamma-radiation fields of the order of strength of the natural ambient ones [9, 10, 11]. All these are vector fields which are known to reflect in their fluctuations all the natural geophysical periods. Indeed, for magnetism, simple experiments have proven that the receptive mechanism is specifically adjusted to the earth's very weak natural field strength. Responses to all three of the forces have been shown experimentally to be associated with biological clocks [10]. It seems reasonable to presume that the observed correlations between atmospheric temperature, pressure and primary cosmic radiation, on the one hand, with potato metabolism, on the other, are effected by

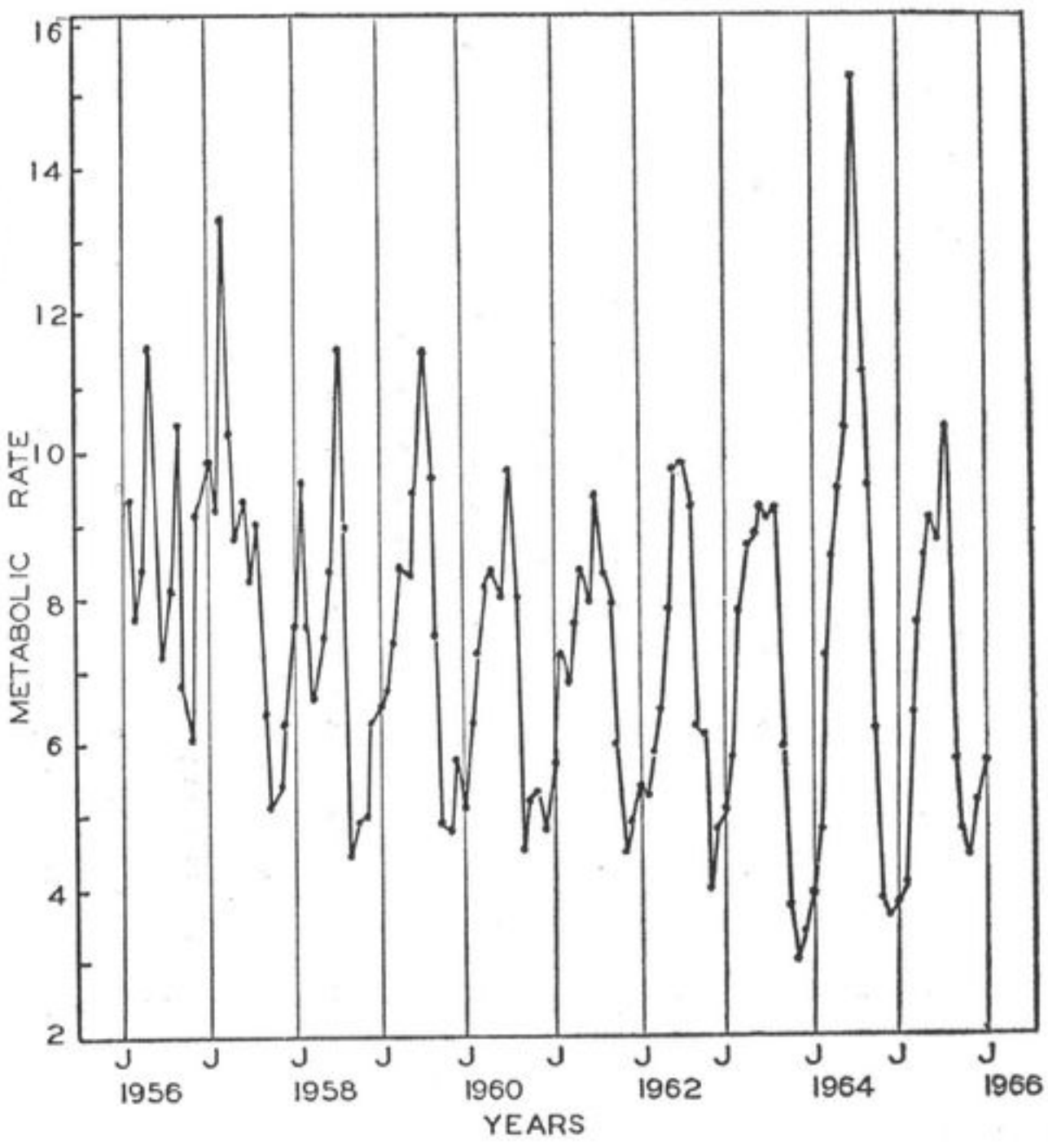


Figure 3.

The mean hourly rates of potato O_2-consumption for each of the 119 months of the study. Metabolism is expressed in arbitrary respirometer units.

Les taux horaires moyens de la consommation en O_2 de la pomme de terre pour chacun des 119 mois de l'étude. Le métabolisme est exprimé en unités respirométriques arbitraires.

correlated fluctuations in the pervasive ambient, natural electromagnetic fields.

All of the preceding correlations, and the demonstrations of organismic responsiveness to the ambient electromagnetic fields, clearly implied that there must exist a 24-hour pattern of metabolic variation in the potato. Just such a pattern is clearly evident in the recurring cycles observed in Figure 1 for the ten-year period.

The *mean hourly rates* of O_2-consumption also exhibited an annual variation. Its pattern bore no obvious relationship to that of the annual modulation in the form of the daily pattern. In Figure 3 are plotted the mean monthly values and in Figure 4 the ten years of values are superimposed on common coordinates. The annual variation displayed a maximum in July and a minimum in November. The value for July is about double that for November. This annual variation is seen to be superimposed on a longer-interval trend which passed through a minimum in November, 1963.

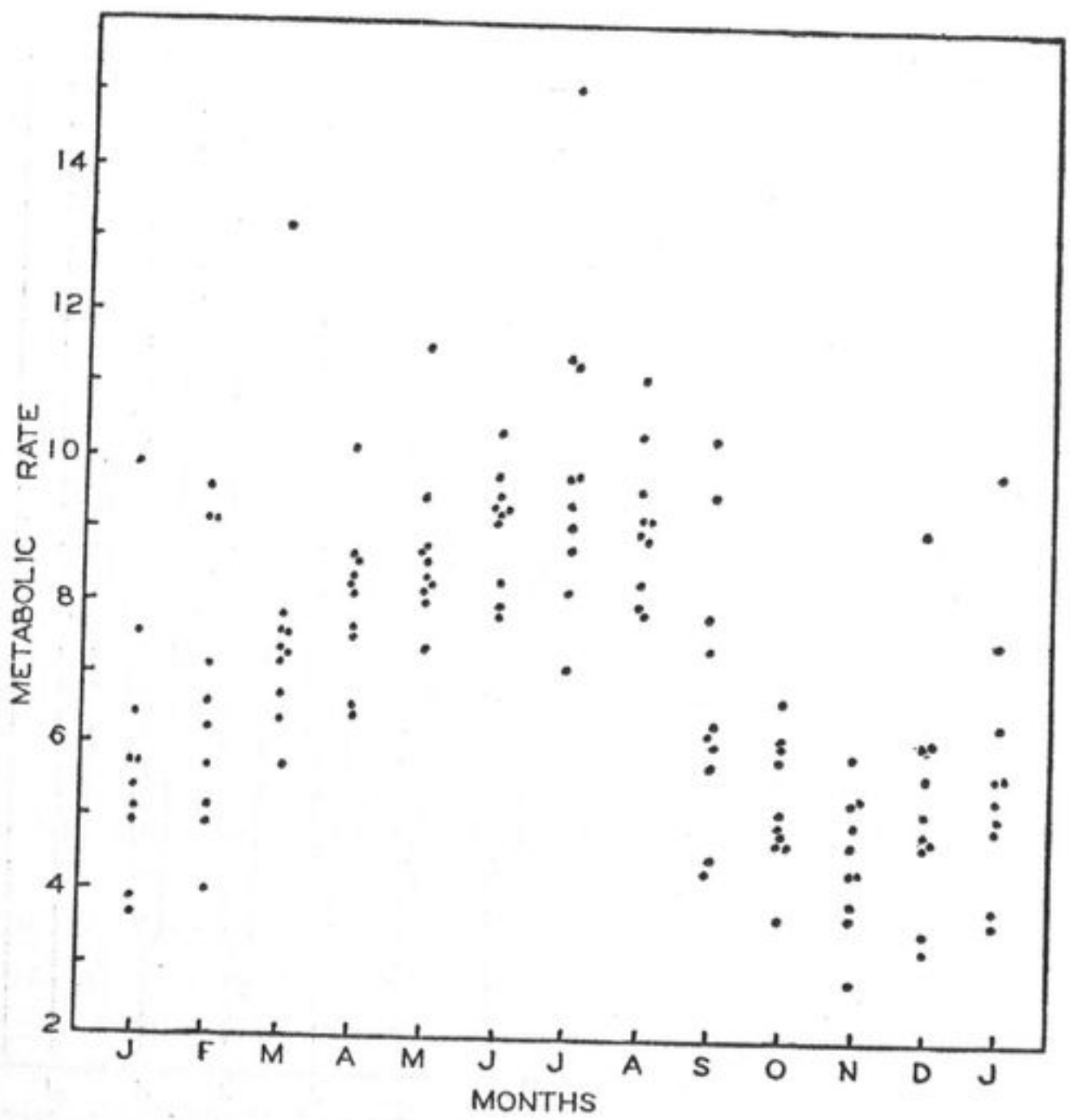


Figure 4.

The annual variation in mean hourly rates of O_2-consumption in the potato for the ten years. Each point is for an individual month. A single missing value — for June 1956 — was estimated as the mean for the May and July values for that same year. Metabolic rate is expressed in arbitrary respirometer units.

La variation annuelle dans les taux horaires moyens de la consommation de O_2 dans la pomme de terre pour les dix ans. Chaque point est pour un moins en particulier. Une seule valeur manquante — pour Juin 1956 — a été estimée comme les valeurs moyennes pour Mai et Juin pour la même année. Le taux du métabolisme est exprimé en unités respirométriques arbitraires.

As pointed out earlier, the continuing correlations with the specific meteorological parameters left no reasonable doubt that the potatoes were sensitive to geophysical forces from which they were not screened. Virtually every atmospheric force that could conceivably be concerned would be expected to include variational components reflecting all the major atmospheric periods. Among the atmospheric fluctuations are the solar-day and lunar-day tides which exist as small atmospheric pressure variations. The latter ride on the surface of the far larger, irregular, weather-system related pressure changes. The potato with its specific metabolic correlations with rates of pressure change at the two particular times of day, and only these times, is demonstrating that it is provided with means for assaying the day-to-day random distortions of the solar-day tide of the atmosphere.

Indirect support for the assumption that the 24-hour variation in potato metabolism is a fundamental, geophysically dependent one are the reported observations that other kinds of living things such as fiddler crabs [3] and unhatched incubating chicks [12] show the same highly specific kind of correlation with atmospheric pressure (the same parameters) that the potatoes do. Still further support has come from the demonstrated remarkable similarity of form of fundamental metabolic variations in carrot slices [2], in meal-worm larvae [13], and in young embryonic chicks [12, 14] to those of potatoes. Indeed, a very recently published study of the 24-hour pattern in chick embryos investigated in 1962 and 1963 also confirmed in a striking manner the mid-evening additional maximum that was observed in potatoes during these same years [14].

A recent study of the influence on « spontaneous » activity in mice [15] of very slight alteration in the level of background radiation disclosed that underlying the conspicuous circadian activity pattern which was present was a low-amplitude 24-hour variation in mouse response to the experimental gamma increase, a diurnal variation which resembled in striking detail the 24-hour variation obtained concurrently for potato metabolism.

The annual modulation in form of the daily metabolic variation of potatoes was reported earlier [4] to be in good measure accountable in terms of the specific character of the correlations together with the well-known annual modulation in the form of the solar-day tide of the atmosphere and annual temperature variation. The accounting also depended upon the observed reversal twice a year in the sign of the morning barometric pressure correlation and upon the sign reversal in the temperature correlation at 57°F. The systematic annual variation in the solar-day tide is related to the annual variation in photoperiod. The specific barometric pressure parameter with which the afternoon potato metabolism correlates reflects this particular annual variation especially well. A reported persistence of an essentially

normal annual reproductive rhythm in a bird deprived of the naturally changing photoperiods [16] suggests that a bird under some conditions may be able to substitute some such geophysical correlate of photoperiods for the light periods themselves.

Additional evidence for a geophysical dependence of potato metabolic variations, in view of the well-known lunar tides of the atmosphere, is an earlier finding of a statistically highly significant lunar monthly modulation of the solar-daily variation in the potato [17].

The annual variation in mean hourly metabolic rates in the potato is not one for which any specific geophysical correlates have either been found or extensively sought. However, indirect evidence suggests that this, too, will be ultimately interpretable in terms of a fundamental biological response to some other specific parameters of subtle annual geophysical variations. There is no dearth of annually varying geophysical parameters. One of the kinds of indirect evidence is that there exist some differences in cycle form and in mean annual rate from one year to the next. Also very highly suggestive of some common denominator of regulation was the striking similarity, even to relative details of form, of two independently published persistent annual variations, that of potato oxidative metabolism [3] and of response of a lizard reproductive system to a favorable photoperiod [18]. The remarkable similarity of the persistent annual patterns for these widely different organisms occurred over a period during which the specific annual geophysical pattern was probably a somewhat unusual one judging from the moderately aberrant one observed that year for the potato. Still further indirect evidence for an environmental dependency of this annual variation has come from other studies revealing extraordinarily similar and phase-synchronized concurrently observed patterns of persistent annual variations [19] in biological phenomena as different as nitrate reducing capacity of an alga [20], influence of a very weak experimental gamma radiation field on planarian worms [21], and metabolic rate of sprouting beans [22]. For the beans, more than three complete annual cycles, each like the potato ones, were obtained from a single initial lot of seeds stored throughout the study in an opaque container in the laboratory, thereby establishing the recurring nature of the cycles independently of the natural light and temperature ones. And since the data were derived from bean-seed samples germinated every few days, the annual variation was clearly independent of seed age. Persistent annual variations have also been reported for rate of grass growth [23], both for perennial types, and annual ones freshly germinated at various times of year. Accounts of persistent « endogenous » annual rhythms are appearing in the literature with rapidly increasing abundance.

It should be emphasized that the living system is not a wholly passive participant in reactions to the effective subtle geophysical

parameters. Integrative and genetic factors seem also involved. Not only do we observe the systematic annual sign reversals in the morning correlation of the potato with the barometric pressure change, but simultaneously the absence of such an alteration for the comparable afternoon pressure correlation. Part of the year, therefore, the correlations for the two halves of the day possess the same sign, and in the other part of the year, opposite sign. In the summer the afternoon pressure correlation of the potato has the opposite sign of that of the afternoon one observed concurrently for fiddler crabs held in respirometers under fully comparable conditions. Not surprising is the fact, therefore, that between the two species, potatoes and fiddler crabs, a characteristic, reproducible difference is evident in the forms of their mean, geophysically dependent, diurnal patterns of variation in metabolic rate [24, 25]. The potatoes display a late afternoon maximum, the crabs, a late afternoon minimum. Different daily patterns of the signs of the several apparently independent, intradiurnal geophysical correlations, or differences in relative influences among species under a given set of conditions, could be expected to yield different and characteristic patterns of geophysically dependent 24-hour metabolic variations. Clearly, intraorganismic factors play a role in determining sign of the specific correlations, and consequently of the organismic daily patterns resulting from the responses.

This study has removed all reasonable doubt that information concerning the rhythmic external environment continues to reach organisms previously assumed to have been in « constant » conditions. It indicates further the existence of a remarkably precise mean periodic input as indicated by the times of the peaks and troughs in the polyphasic daily cycles. But until we learn the exact geophysical parameters that convey this periodic information we can not know the degree of the day to day regularity of 24-hour signals. Both the experimental methods and techniques on the one hand, and probable random variational components in the metabolic rates of the organisms themselves on the other, inject a great deal of « noise » between any operative signal-responder element and the recorded data. Also contributing to the « noise » are the measurable organismic responses to the meteorologically associated geophysical fluctuations. The last may not involve the same specific geophysical parameters and hence not obscure for the organisms the regularly periodic ones, but they effect metabolic changes which may have up to several times the range of the clock-hour-related ones. Quite conceivably the precision of a rhythmic geophysical signal complex could be very great in view of the precision of the natural generator of this period, possibly even more dependably regular that the natural outdoor, day to day, weather affected variations in illumination.

It is also clear that not until we are able to identify and control

the the specific geophysical parameters which are responsible for the biological daily and annual fluctuations will it be possible to discover the consequences of depriving the organism of them.

The unequivocal evidence that living systems steadily derive pervasive information from their physical environment related to specific times of day and of year, even under conditions formerly deemed « constant » for them, demands a reconsideration of basic postulates for biological clocks. Most biologists have arbitrarily chosen to assume that the clocks require a capacity of living systems to measure off independently and relatively accurately periods of one day after another, month after month, and year after year. Now an alternative possibility exists. The clocks can comprise a continuing organismic responsiveness to the rhythmically fluctuating environment with its specific daily and annual detailed patterns. The biological « sense of time » in these terms would resemble basically other « senses » except that new and different stimulus modalities would be involved.

The organism need not possess the postulated time-measuring precision but instead, simply be deriving the periods through responsiveness to subtle, pervasive fluctuations associated with specific angular coordinates in the natural physical cycles. Indeed, experimental evidence has been very recently advanced [26] that an organism actually possesses the requisite capacity to code a light-related behavioral pattern onto a pervasive subtle 360° geophysical grid and retain the information in this form for at least many minutes. It is only a simple additional rational step to postulate that a light event coded at one time in a geophysical cycle will be triggered to recur at, or near, the same phase angle as the cycle recurs, thus obviating the need for accurate, long-period time measurement by independent intraorganismic means. The « circa » character of rhythms which is commonly observed, offers no obstacle to such a concept.

In other words the « endogenous » rhythms conceivably result from a substitution of the response to such an obvious rhythmic factor as light by a response to a temporally correlated subtle geophysical variation. Thus postulation of a timing system which actually measures the duration of a day may be little, or no, more necessary that postulating one, for example, for the timing of an observed diurnal variation in photosynthesis in a green plant exposed to the natural variations in illumination.

A continuing inflow of geophysical information providing not only timing for the biological clocks but also simultaneous information as to the actual times within the environmental cycles can also account for an ever-increasing number of reported phenomena which have remained either fully inexplicable, or implausibly accountable, in terms solely of the endogenous hypothesis of biological clocks. These include, among many others, some remarkable propensities of organisms for

maintaining in « constant » conditions precise 24-hour rhythms [27, 28, 29], or 24.8-hour or lunar-day ones [30, 31], and even more extraordinarily, for some species to display for their overt rhythmic activities favored phase relationships to external cycles to which they adjust, or readjust, in the absence of every obvious clue concerning them [14, 31, 32].

In summary, the living organism is a fantastically sensitive system. Even when shielded from variations in light, temperature, pressure, and all other obvious environmental factors it continues to respond in an uncanny manner to fluctuations in subtle, pervasive geophysical forces which steadily reflect the cyclic changes in the external environment. The inflowing information conveys to the organism the detailed times within days, months, and years. Further understanding of this essentially unexplored realm of relationships of organisms to their terrestrial environment may help to resolve a number of the current mysteries of biology. The last include the almost incredible capacities of animals and plants to orient and adjust their activities in terms of terrestrial time and space. It seems probable that the « clocks of life » steadily depend upon such subtle organismic interactions with their rhythmic physical environment.

Evanston, Northwestern University.

F. A. BROWN, JR.

The author takes pleasure in acknowledging gratefully the invaluable assistance given by numerous associates during this long study, particularly that by Drs. F. H. Barnwell and Y. H. Park. Also making this investigation possible was financial aid provided by O.N.R., contracts # 1228-03 and 1228-30, by N.S.F., grants #G-15008, GB-469, and GB-3481, and by N.I.H., grant #GM-07405.

REFERENCES

[1] BROWN F. A. JR., Biol. Bull., 112 : 288-304 (1957).

[2] BROWN F. A. JR., Biol. Bull., 115 : 81-100 (1958).

[3] BROWN F. A. JR., Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol., 25 : 57-71 (1960).

[4] BROWN F. A. JR., Science, 130 : 1535-1544 (1959).

[5] BROWN F. A. JR., Annals N. Y. Acad. Science, 98 : 775-787 (1962).

[6] BROWN F. A. JR., H. M. WEBB and E. J. MACEY, Biol. Bull., 113 : 112-119 (1957).

[7] BROWN F. A. JR., J. SHRINER and H. M. WEBB, Biol. Bull., 113 : 103-111 (1957).

[8] BROWN F. A. JR., H. M. WEBB and M. F. BENNETT, Amer. Jour. Physiol., 195 : 237-243 (1958).

[9] BARNWELL F. H. and F. A. BROWN JR., In: *Effects Biological of Magnetic Fields.* Ed. M. F. Barnothy, Plenum Press, N. Y. Pp. 263-278 (1964).

[10] BROWN F. A. JR., In: *Circadian Clocks.* Ed. J. Aschoff, North Holland Publ. Co., Amsterdam. Pp. 231-261 (1965).

[11] PICTON H. D., Nature, 211 : 303-304 (1966).

[12] BARNWELL F. H., Proc. Soc. Exper. Biol. Med., 105 : 312-315 (1960).

[13] CAMPBELL B. O., Doct. Dissert., Northwestern University (1964).

[14] JOHNSON L. G., Biol. Bull., 131 : 308-322 (1966).

[15] BROWN F. A. JR., Y. H. PARK and J. R. ZENO, Nature, 211 : 830-833 (1966).

[16] LOFTS B., Nature, 201 : 523 (1964).

[17] BROWN F. A. JR., M. F. BENNETT and H. M. WEBB, Proc. Nat. Acad. Science, 44 : 290-296 (1958).

[18] FOX W. and H. C. DESSAUER, Biol. Bull., 115 : 421-439 (1958).

[19] BROWN F. A. JR., Adv. in Astronaut. Sciences, 17 : 29-39 (1963).

[20] KESSLER E. and F. C. CZYGAN, Experientia, 19 : 89 (1963).

[21] BROWN F. A. JR. and Y. H. PARK, Nature, 202 : 469-471 (1964).

[22] LUTSCH E. F., Doctoral Dissert., Northwestern University (1962).

[23] RAPPE G., Oikos, 16 : 177-204 (1965).

[24] WEBB H. M. and F. A. BROWN JR., Biol. Bull., 115 : 303-318 (1958).

[25] WEBB H. M. and F. A. BROWN JR., Biol. Bull., 121 : 561-571 (1961).

[26] BROWN F. A. JR. and Y. H. PARK, Biol. Bull., 132 : 311-319 (1967).

[27] BROWN F. A. JR. and H. M. WEBB, Physiol. Zool., 21 : 371-381 (1948).

[28] TERRACINI E. D. and F. A. BROWN JR., Physiol. Zool., 35 : 27-37 (1962).

[29] LOWE C. H., D. S. HINDS, P. J. LARDNER and K. E. JUSTICE, Science 156 : 531-534 (1967).

[30] BARNWELL F. H., Biol. Bull., 130 : 1-17 (1966).

[31] BROWN F. A. JR., Proc. Soc. Exper. Biol. and Med., 120 : 792-797 (1965).

[32] BENNETT M. F., Zeitschr. vergl. Physiol., 47 : 431-437 (1963).

AIR CONSERVATION

Our generation has discovered to its dismay that our natural resources, air, water and soil, are not unlimited and that local and even global pollution of our air, water and soil has become an alarming reality. Air pollution disasters have already occurred and millions of people are plagued with irritation of the eyes and respiratory system. The story of Los Angeles smog is used to illustrate the characteristics of pollution in a modern metropolis and the methods used in coping with this by-product of the population explosion and the proliferation of the automobile. The need for governmental organizations which can cope with the problems arising from the concentration of the population in large metropolitan areas is stressed.

Today the majority of people in all parts of the world are breathing polluted air. Incomplete combustion of fuels, industrial activities and miscellaneous operations such as burning of wastes spreads yearly hundreds of millions of tons of pollutants into the air [1]. Irritation of throat and eyes and offensive odors have become a frequent if not continuous aspect of city living. Some of the pollutants pass deep into our respiratory system, affecting the delicate mechanism which supplies us with oxygen and carries away carbon monoxide. Progressive destruction of this system leading to emphysema and chronic bronchitis is caused by air pollution, smoking included. Today emphysema is the fastest growing cause of death in this country. In the ten year period between 1950 and 1959 deaths among males from emphysema rose from 1.5 per hundred thousand to 8 per hundred thousand. Bronchial asthma is a condition often aggravated by air pollution. A special form of asthma appeared in 1946 among American troops and their dependents living in Yokohama and Tokyo in Japan. This asthma is correlated with the intense pollution in the heavily industrialized area in the Kanto plain adjacent to these cities. In New Orleans epidemic outbreaks of asthma attacks have been associated with city dumps burning underground as well as with other air pollution-causing activities. Epidemiological studies have shown that air pollution correlates with increased frequency of acute infections of the upper respiratory tract leading to common colds.

Dramatic evidence of the effects of air pollution is recorded in fatal incidents in the Meuse Valley in Belgium and the London black fogs of 1952 and 1962 when thousands of excess deaths were reported. In this country air pollution took its toll in the 1948 disaster in Donora, Pennsylvania, and New York in 1952 and 1962 as hospital and death records witness.

Air pollution interferes in many other ways with life on earth. Fluorides are still seriously affecting cattle and cause extensive damage to crops. Smelters in British Columbia emitted at one time an average of 600 tons of sulfur per day resulting in a nearly complete eradication of fir and pine trees for dozens of miles. From Florida we hear about damage to orange trees; in southern California growing of spinach has been drastically curtailed. In metropolitan areas exhaust from automobiles has made it impossible to raise orchids commercially and growers have been driven to remote rural areas. In Maryland damage to the tobacco leaves caused by automobile pollution originating in Washington, D.C., caused heavy financial loss to the farmers. The damage to vegetation has become so widespread that the visible markings of pollution are often used as an indicator of pollution and experts can tell with a great degree of certainty what type of agent must have caused the damage.

Agricultural losses in the U.S.A. alone are estimated to be around 500 million dollars per year. This is only a few percent of the total cost of air pollution. We have to add the deterioration of materials which increase maintenance ad replacement costs. Metals, fabric, paper, rubber, plastics, and building materials suffer directly, but in addition their life is shortened in costly cleaning processes. The complex and expensive control systems in factories, in business offices, in various electronic systems, can be ruined and malfunction through corrosive and soiling action of various pollutants. Wherever cleanliness is desired in the manufacture of electronic equipment, foods, beverages, in research laboratories, incoming air has to be thoroughly cleaned at considerable expense.

Pollution from the oxides of sulfur causes destruction of paint pigments and at slightly higher levels it may attack fresh paint films delaying drying and producing sensitivity to water.

Erosion of building stone statuary is common all over the world and in many cities conservationists are moving works of art indoors to protect them from the action of acidic pollutants. It is reported that Cleopatra's needle has deteriorated more since its arrival in New York in 1881 than it did during the more than three thousand years spent in Egypt. Particulate matter leaves a grimy deposit on and in the houses, soils curtains and clothes and raises our cleaning and painting bills.

An interesting survey was made by the U. S. Public Health Service on the cost of cleaning in two towns of similar economic and social status but which differed in one being highly industrial, the other predominantly residential. The results in Table I clearly show that dirty air is costly; it means more frequent painting of inside and outside of the house, higher laundry bills and cost of personal care.

TABLE I.

Survey on cleaning in a residential and in an industrial town. Difference per year per person.

Outside maintenance of house	$17.00
Inside maintenance of house	32.00
Laundry	25.00
Hair, facial care, etc.	10.00
	$84.00

Exact data are not available on the total cost of air pollution to the community, but estimates for the U.S.A. have placed this figure at about 12 billion dollars ($12 x 10^9). This figure does not include any estimate on the values to be placed on the health and the enjoyment of life of the community.

Government and industry has, up to date, spent only a fraction of this yearly recurring cost on attempts to control objectionable emissions and a far greater effort seems like a fair price to pay for all the benefits we derive from breathing clean air. A greatly accelerated and intensified program is needed to reduce materially the huge quantities of air contaminants released from industrial operations, house heating, driving cars, and numerous other miscellaneous activities of people.

An estimate of the magnitude of the foreign materials added to the air is shown in Table II. For comparison the estimated contribution from natural sources, fog, pollen and dust, is listed [2].

TABLE II.

Major Air Contaminants over U.S.A. in Millions of Tons Per Year

Natural fog (25 feet high)	15
Pollen	1
Natural dust	30
Smoke (carbon)	5
Industrial dust and ash	10
Sulfur oxides	20
Nitrogen oxides	5
Miscellaneous vapors (mostly organics)	40
Carbon monoxide	50
Carbon dioxide	10,000

The magnitude of these emissions is more readily understood when one considers that a million twenty-ton tank trucks would be necessary to transport all the sulfur dioxide released next year by

smelters, refineries and fuel burners. Such a procession would reach around the earth.

The carbon dioxide released by burning our fossil fuels raises the carbon dioxide content of the air by 0.23% per year. This by-product of our industrial era may eventually have some disturbing consequences. Geochemists have predicted that a general warming of our atmosphere, melting of polar caps, and rise of the levels of the oceans may be the result [3, 4].

To answer the question as to why we pollute the air in this irresponsible manner, we can go back to an English scientist of a few centuries ago, Robert Boyle, well known for his formulation of the gas laws, who said: « The generality of men are so accustomed to judge of things by their senses that because the air is invisible they ascribe but little to it and think it but one removed from nothing ».

To most people air and space are about synonymous; both seem to be available in unlimited amounts to please mankind. Our generation has discovered that unfortunately nothing on earth is unlimited, and we have begun to worry about the limitation of our soil, water, and, lately, of our air. It is clear to many that our generation has a responsibility to future ones in using these resources wisely. We cannot any longer use the air indiscriminately as a dumping ground of all our by-products, especially not when the natural ventilation is inadequate.

The total amount of air available to a world population of nearly four billion people is 4×10^{18} cubic meters. Each person can therefore claim about a billion cubic meters of air. This is quite a large quantity, but such a figure acquires meaning only when we determine how much air a person uses for his daily existence. In the first place he needs air to breathe; this amounts to 12 m^3 per day. In addition he uses air in various operations such as fuel burning for house heating, automobile driving, power production. And finally in the manufacture of goods considerable quantities of air have been consumed. The total varies greatly with the standard of living however; for most industrial countries one calculates that about 150 m^3 of air per day is made unfit to breath.

This calculation shows that our world citizen does not have to worry much. Even if we apply a factor of a thousand for dilution of the used air, as air conditioning engineers recommend, he would have enough air to last him for many thousands of years. There is, however, the assumption that everyone has free access to the world air supply and here is where the difficulty begins.

When the natural ventilation is inadequate, when mountain ranges prevent unobstructed flow of the air, and when temperature inversion conditions limit the vertical movement, the available air is greatly restricted. Temperature conditions are quite frequent along

the Pacific coast where a cold layer of air at ground level effectively prevents the free exchange of air with higher ones. These temperature inversions occur in many parts of the world and occur far more often than is generally thought. They extend to greatly varying height, from only a few feet from the ground to several thousand feet.

The lack of ventilation through both geographic and meteorological conditions is a prime factor in the formation of the Los Angeles smog. It is of interest to see how the air supply of the inhabitant of such a valley compares with that of the world citizen. During heavy smog the cold layer may extend to about 300 m height over an area of 2000 square kilometers. The air in this flat box is shared by 7 1/2 million people, which means that during adverse meteorological conditions only 80,000 cubic meters per person are available. This is about two times less than sound air conditioning prescribes and it is not surprising that Los Angeles has become famous in air pollution circles.

The 10,000 tons of carbon monoxide coming from the exhaust of 3 1/2 million cars establishes, readily, concentrations of 15 and more parts per million and surpasses frequently the adverse standards for community health adopted by California's health authorities. In heavily travelled streets with little ventilation concentrations of a hundred parts per million have been registered. Figure 1 illustrates graphically the exposure to high concentrations of carbon monoxide from automobile exhaust during city driving [5]. The driver going toward Los Angeles at the evening hour does not meet with much traffic; however, coming back the daily recurring traffic jam is indicated by the high levels of carbon monoxide and a longer duration of the trip.

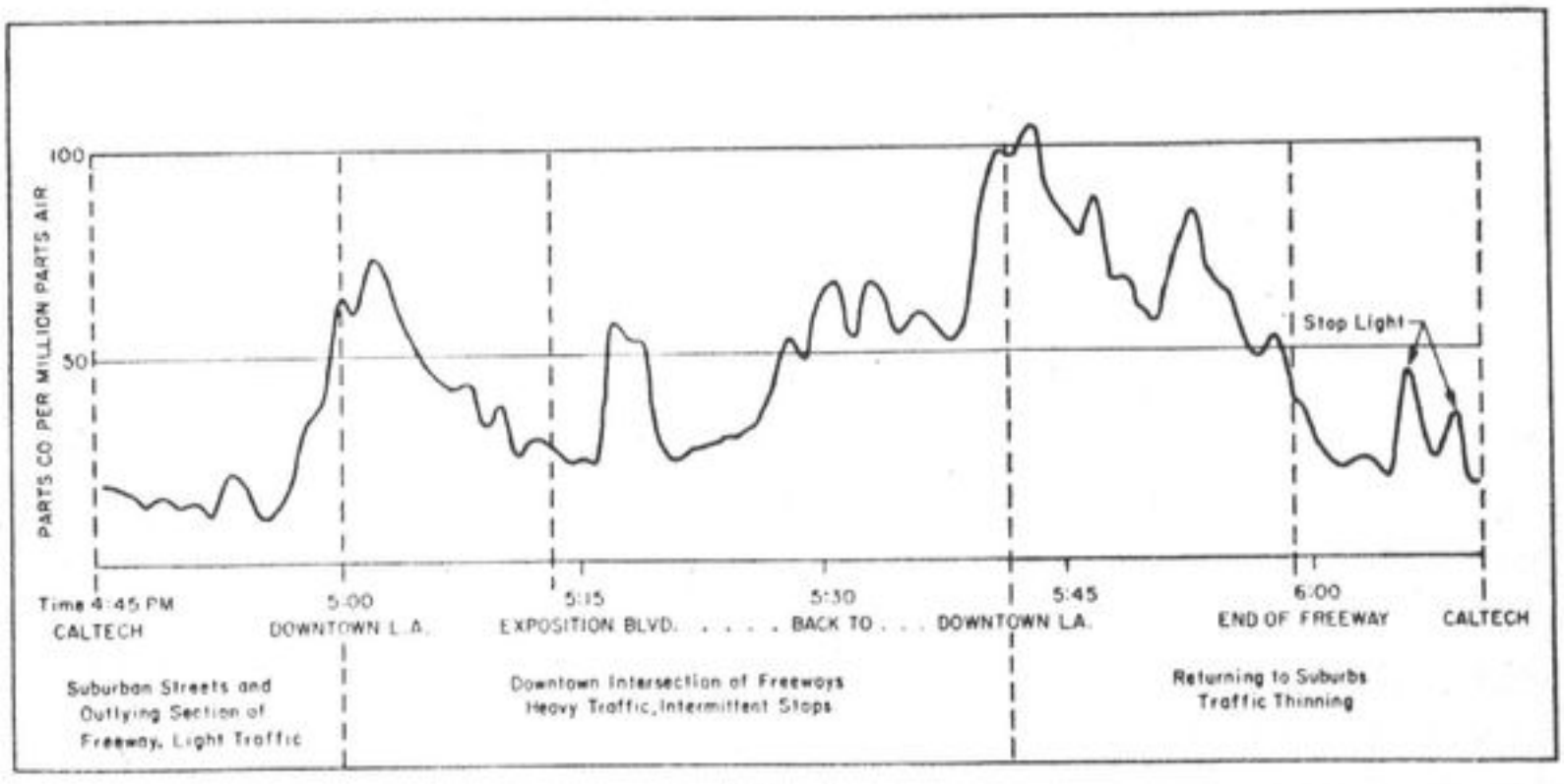


Fig. 1

Carbon monoxide concentration in city and freeway driving routes.
Concentration en oxyde de carbone en ville et sur les routes à grande circulation.

AIR POLLUTION CONTROL. — One of the most common forms of air pollution is that caused by smoke. A cross-country trip by airplane should convince anyone that smoke is a problem in every great city in the U.S.A. as well as in the rest of the world. Large streamers, extending for scores of miles, have their origin in open burning dumps, lumber yards, steel mills, foundries, and power plants, to name only a few of the multitude of sources. This is an old problem; some 200 years ago laws were passed in England to regulate the burning of certain types of coal. Even today combustion is still a major source of air pollution.

At first sight controlling the emission of smoke appears quite simple — just wash it out! But we have only to think how tobacco smoke from a Turkish pipe bubbles, seemingly undisturbed, through water to realize that perhaps this problem is not so easily solved after all.

There is a large variety of particles, very large ones, in fly ash and coal dust; and on the other side of the spectrum there are particles close to the size of large molecules. Large particles of soot and dust can readily be removed in settling chambers or in cyclones, where gravitational or centrifugal forces are used to separate the particles by weight. Other methods consist in filtering out the dust through cloth made of cotton, woven plastics, or glass fibers. For very fine dust of the order from 0.5 to 1.0 micron we have to apply processes whereby the electrically charged particle is removed by electrodes kept at a potential difference of 15,000 to 40,000 volts [6, 7]. By catching the particles of a size close to the wavelength of light an important fraction of the dust responsible for the scattering of light is removed and therefore the probability of visible plume formation is substantially decreased. Each one of these dust-collection processes has found wide application in industry, but even today systematic studies to increase their efficiency would be most welcome [8].

The dust present in fuel is not the only agent responsible for objectionable emissions from smokestacks. Virtually all other constituents of flue gas — water, carbon monoxide, and oxides of sulfur and nitrogen — play some role.

A great deal of attention has been given to the fate of the oxides of sulfur after they have left the stack. The small amount of sulfuric acid combines with water and some of the ash constituents to form the visible, bluish plumes often seen coming from industrial smokestacks. The sulfur dioxide reacts slowly with oxygen to form sulfuric acid and the corresponding sulfates and contributes in this way to the haziness often noticeable at considerable distance from industrial establishments.

Evidence that such oxidations do take place when the gases have left the stack is found in an interesting pollution balance prepared

for the Los Angeles Basin and shown in Table III. The amount of emission of sulfur dioxide from all sources — refinery operations, oil burning and gasoline consumption — is well known. We also know the area in which this emission is dispersed, as well as the height of the inversion layer which limits its upward movement. From these data we are able to calculate the expected sulfur dioxide concentration and compare this with the actual observed average concentration. We find, in making up this balance, that about one-third of the sulfur dioxide is lacking. This missing sulfur dioxide is found mostly as calcium and ammonium sulfates in dust settling over the country. Free sulfuric acid, except in close proximity to the stack, is mostly absent.

TABLE III.

Comparison of Measured and Calculated Concentrations of Pollutants in Downtown Los Angeles

Pollutant	Clear day[1] (*parts per million by vol.*)		Day of intense smog[2] (*parts per million by vol.*)	
	Measured	Calculated	Measured	Calculated
Carbon monoxide	3.5	3.5[3]	23.0	23.0[3]
Oxides of nitrogen	0.08	0.10	0.4	0.6
Sulfur dioxide	0.05	0.08	0.3	0.5
Total hydrocarbons	0.2	0.40	1.1	2.6
Aldehydes	0.07	0.02	0.4	0.1
Organic acids	0.07	0.03	0.4	0.2
Ozone	0.02	0.02	0.50	0.02

[1] Visibility 7 miles.
[2] Visibility less than 1 mile.
[3] The method defines the calculated value as the same as the measured value for CO.

The table shows some other interesting discrepancies in the values for oxides of nitrogen and hydrocarbons. Their concentration in the air is considerably less than one would expect from the known emissions established with great accuracy in source testing. On the other hand, we notice that concentration of organic acids, aldehydes, and ozone are much higher than we would expect. Apparently, as in the case of the sulfur oxides, an oxidation has taken place whereby the hydrocarbons, mostly gasoline, have been converted to oxygen derivatives. Especially intriguing is the appearance of ozone in a polluted atmosphere, which, from past experience in other areas, is usually absent in cities.

The Los Angeles air is different in some other respects. There is no resemblance at all to the problems of cities in the eastern part of the United States where coal is the major source of energy and where, consequently, soot blackens all buildings and the oxides of sulfur corrode materials. Los Angeles is a very clean city in this re-

spect, with a dust fall of only 20 to 30 tons per month per square mile, as compared with several times this quantity in other industrial cities. The eye irritating clouds in Los Angeles are accompanied by complaints from farmers about crop damage and, strangely enough, from rubber manufacturers, who observed that their products cracked more heavily in this area than in other sections of the country. Control of dusts and sulfur dioxide did not help, for the phenomena are due to an effect quite different from the more old-fashioned, reducing type of air pollution. Los Angeles smog, contrary to this type of pollution, is typified by its strong oxidizing action [9].

For practical measurement of the typical oxidizing effect of Los Angeles smog, liberation of iodine from potassium iodide is used. Because the concentration of sulfur dioxide, a reducing substance, is low in Los Angeles smog, interference in the oxidant measurements is usually negligible. This is not true for other areas where the presence of the oxidizing pollutants has often escaped attention because of the masking effect of reducing substances. It is now well recognized that similar oxidizing smog producing pollution is present in most of our metropolitan areas and the only difference is in the frequency and severity of the pollution.

The concentration of the oxidant varies during the day, increasing toward noon and decreasing to virtual absence during the evening and night hours. The time of increased concentration of the oxidant is invariably correlated with eye irritation and haze. The type of damage to plants from oxidizing pollutants is readily distinguishable from damage from other types of pollutants, such as sulfur dioxide or fluoride. Sensitive plants — spinach, sugar beets, alfalfa, endive, oats, and pinto beans — are used extensively to gauge the spread of the pollution [10]. A major part of the oxidant consists of ozone, which is directly responsible for the excessive rubber cracking observed in the Los Angeles area. Spectrographic, as well as chemical, methods have definitely established the presence of ozone concentrations 20 to 30 times higher than those found in unpolluted air where the normal concentration amounts to 1 to 3 parts per hundred million.

A simple and inexpensive method of measuring ozone involves the use of bent pieces of antioxidant-free rubber as indicators. The time necessary for the appearance of the cracks is directly related to the ozone content of the air. At night, and on smog-free days, it may take as long as an hour for the first cracks to appear; on a smoggy day cracks are often evident in a few minutes [11]. In the atmosphere over a city it is to be expected that the reactive ozone will enter into reactions with a number of other pollutants. Among the most prevalent of these groups are olefins, present in gasoline; fumigation experiments with gasoline fractions and also with pure olefins which have been allowed to react with ozone led to a reproduction of the typical

plant-damage symptoms and to eye irritation, haze formation, and typical smog odor, as well. These experiments strongly indicate that the irritating materials were intermediate oxidation products of hydrocarbon oxidation and are of peroxidic nature since the usual end products — aldehydes, ketones, and organic acids — are inactive in the concentration range used.

Most organic compounds are relatively stable against oxidation when completely pure, but the presence of peroxides speeds the autoxidation considerably through a chain reaction initiated by hydrogen removal from the carbon chain. This effect can be accomplished also through the action of light either on the hydrocarbon or on the oxygen molecule. In the latter case the excited oxygen may remove hydrogen. Most hydrocarbons do not have absorption bands in the wavelength region of sunlight for a direct photochemical reaction, but similar reactions take place in a roundabout way by having a substance present which accepts the light energy and subsequently transfers it to the compound to be oxidized. In nature we find such substances in chlorophyll and other photochemically active pigments. In polluted atmospheres nitrogen dioxide functions as an oxidation catalyst. Strong absorption of light by nitrogen dioxide occurs from the near ultraviolet through the blue part of the spectrum, and, upon irradiation, nitrogen dioxide splits into atomic oxygen and nitric oxide. Fumigation experiments in sunlight with gasoline or olefin in the presence of oxides of nitrogen resulted in eye irritation and the same type of plant damage that was previously obtained with ozone acting on the olefins directly. Sulfur dioxide is oxidized by the same photochemical system and contributes to the visibility reduction.

Figure 2 gives a schematic view of the main mechanism leading to the smog symptoms.

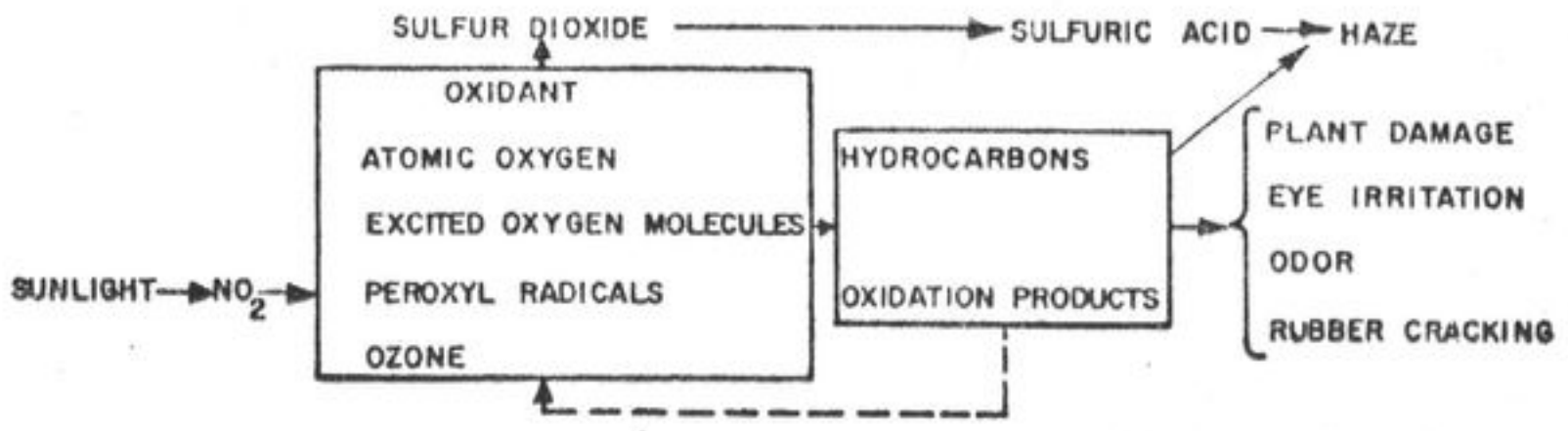


Fig. 2

Schematic summary of the main mechanism leading to photochemical smog symptoms.
Résumé schématique du mécanisme principal conduisant aux symptômes photochimiques du brouillard.

THEORETICAL INVESTIGATIONS. — When all the typical symptoms of smog had been reproduced, the problem remained of accounting for the relatively high ozone content in the polluted atmosphere. It is now well established that the generation of ozone is intimately

connected with the same photochemical reaction of organic material in the presence of oxides of nitrogen which causes eye irritation and plant damage. The formation of ozone is apparently a general phenomenon and is observed with many types of organic compounds. The production of ozone has been attributed to the intermediate formation of peroxide radicals as shown in equations a to f.

a) $NO_2 + Light \rightarrowtail NO + O$		photo dissociation of nitrogen dioxide
b) $O + RH \rightarrowtail HO. + R.$		alkyl radical formation
c) $R. + O_2 \rightarrowtail ROO.$		peroxyl radical formation
d) $ROO. + O_2 \rightarrowtail RO. + O_3$		ozone formation
e) $ROO. + NO_2 \rightarrowtail ROONO_2$		peracyl nitrate formation
f) $O + O_2 \rightarrowtail O_3$		ozone formation

We may visualize, first, a light-activated dissociation of nitrogen dioxide to nitric oxide and atomic oxygen (eq. a) followed by the formation of free radicals through the action of the atomic oxygen on organic compounds (eq. b). Subsequent formation of peroxyl radicals leads to eye irritating and plant damaging peracyl nitrates and to ozone (eq. d, e, and f).

A systematic study of the concentrations of hydrocarbon and oxides of nitrogen where ozone formation takes place showed that the reaction is limited to quite low concentrations of the reactants. Experiments of this type have focused attention on the circumstances peculiar to the problem of air pollution — that is, the extreme dilution. A chemist referring loosely to slow and fast reactions has in mind laboratory conditions where concentrations in the order of 10 percent are most commonly used. In atmospheric reactions the concentrations are in the order of 0.00001 percent — about one millionth as much. As a result, reactions which under the usual laboratory conditions are considered fast become very slow. For example, when a bimolecular reaction with participants in the concentration range of 10 percent (100,000 parts per million) requires 0.0036 second to go halfway to completion, it takes 10^6 times as long, or a whole hour, to reach the same point with a concentration of 0.1 part per million. Under the latter circumstances not only can ozone exist in the presence of reducing agents but even free radicals have a far better chance of survival. It took many years to unravel relatively simple reactions such as the photodecomposition of acetone, diacetyl, and other compounds. In the air these reactions are complicated by the presence of oxygen, water, carbon dioxide, and an almost infinite variety of organic compounds from the evaporation and combustion of gasoline and from the burning of trash in its many forms.

The field of atmospheric reactions is now being actively studied by a number of physical chemists and provides an interesting example

of the way in which a practical problem has stimulated a number of theoretical investigations. Such study has familiarized a large group of physical chemists with the exciting field of extreme dilution in which research should prove to be far less disturbed and complicated than research at higher concentrations where molecules collide all too frequently. In addition, the practical aspects of air-pollution photochemistry have made available the instrumentation necessary to study these phenomena from a theoretical point of view. The purely theoretical physicist and chemist would have difficulty in obtaining the millions of dollars which have gone into the development of these instruments. It is gratifying to find that as a by-product of the study of an unpleasant problem such as air pollution a significant contribution to fundamental problems in chemistry could be made [12, 13].

Automobile Exhaust Fumes. — These remarkable reactions confirmed in several laboratories provide a firm basis for control measures. To prevent the occurrence of the unpleasant symptoms we must control the emissions of the primary pollutants, hydrocarbons and oxides of nitrogen. The loss of hydrocarbons at refineries has long been corrected in Los Angeles and presently the major remaining source of hydrocarbons is the exhaust of automobiles. These emissions are due to incomplete fuel combustion and escape of the unburned gasoline through the exhaust. The crankcase, carburetor, and tank contribute to the emission of hydrocarbon through evaporation of the fuel. The relative importance of these emissions is shown in Table IV.

Table IV.

Emission of Pollutants from the Average Automobile
In Grams per Liter of Gasoline Used

	Hydrocarbons	Carbon monoxide	Oxides of nitrogen
Exhaust	50 gr.	330 gr.	18 gr.
Crankcase vent	17 gr.	0.8 gr.	—
Evaporation (carburetor + tank)	12 gr.	—	—

The total loss of fuel for the average driver using 8 liters of gasoline per day is 0.6 liter or about 8%. The actual loss in *fuel value* is even greater and amounts to 15% when the large emission of carbon monoxide is included. The tremendous waste of fuel by the 90 million automobiles in the United States alone because of inefficiency of combustion is 100 million liters per day.

Devices have been developed which burn the hydrocarbons in specially constructed exhaust mufflers. While these were successful, their relatively high cost and maintenance remained an objection [14]. Since 1966 General Motors and Ford cars have been equipped with an air injection system which allows the burning of the excess fuel to take place in the exhaust manifold. Chrysler has adopted a system which gives a more complete combustion in the engine itself by using a leaner fuel-air mixture coupled with carburetor adjustments and retarding of the spark timing. The emission from the crankcase is now recirculated through the air filter and burned together with the normal flow of gasoline.

Control of Oxides of Nitrogen. — The oxides of nitrogen are formed in high temperature combustions from nitrogen and oxygen of the atmosphere. Power plants and automobiles in Los Angeles produce, respectively, 300 and 600 tons of oxides of nitrogen per day while burning 100,000 barrels of fuel oil. Several engineering laboratories are now searching for ways to reduce the nitrogen dioxide content of exhaust gases from gas, oil, and gasoline combustion through studies on the variable combustion conditions which can be obtained by boiler modification or changes in engine design. In power plants a 50% reduction in oxides of nitrogen has been accomplished by the introduction of secondary combustion. The main body of the fuel is burned with a deficiency in oxygen; additional air is subsequently introduced completing the combustion of the fuel.

In automobile engines a promising method returns a fraction of the exhaust air back to the air intake. In this way the flame temperature is lowered and fewer oxides of nitrogen are formed. The reduction is as high as 80% without noticeably affecting drivability [15, 16].

Often the question has come up, « Can't we do one or the other — hydrocarbon control or nitrogen dioxide control? » The answer, I believe, is «No». Most of the smog reactions are directly dependent on the product of the concentration of both hydrocarbons and oxides of nitrogen.

The private automobile is a major offender in both respects, and there is no reasonable basis for hope that control devices in the hands of the average car owner will give anywhere near the performance they give in an automobile testing laboratory. Also, changes in gasoline composition could not be expected to have a drastic effect on smog-producing hydrocarbons in the exhaust. The steady increase in population tends to neutralize any control effort, and it is therefore evident that emissions must be controlled wherever possible. Besides being an objectionable factor in the photochemical reactions, the nitrogen oxides are objectionable in their own right and are quite toxic even in low concentrations. Fortunately we have not yet reached anywhere

near the adverse health level of 3.0 parts per million, but the concentration of this pollutant is steadily increasing; and since it appears in all combustions, the increase is practically proportional to the increase in population. Especially in areas of heavy traffic the concentration might at times surpass the safe limits, or, rather, what we now believe are safe limits. Oxides of nitrogen are yellow and at low concentration would color the sky. On this basis California's State Health Department has set community health standards which require a 75% reduction of the oxides of nitrogen in automobile exhaust as soon as a practical device becomes available.

ENGINE MODIFICATION. — Because of the difficulties inherent in accomplishing a complete combustion in conventional engines, considerable effort is being put into the development of electric cars. Some of these operate on light weight batteries such as zinc-sulfur, sodium-sulfur, or lithium-sulfur combinations. Others use a fuel cell with hydrogen and oxygen as fuel. A third type and perhaps the most promising is a hybrid gasoline electric car. Because its gasoline engine runs at a fixed speed to keep the batteries charged, it can be set at a minimum emission. The future of any one of these cars, which are still in the early stages of development, is uncertain. Some predict that in 15-20 years most cars in urban areas will be powered by electricity. A more sober and more likely forecast is that the internal combustion, piston engined automobile will continue to dominate our roads for the next 30 years at least.

COMMUNITY HEALTH STANDARDS. — Air pollution control administrations have a difficult task in surviving the years of waiting for engineering to catch up with the demands of the community. Programs for meeting emergency conditions have somewhat contributed to better feelings on the part of the public. It is understandable that most people not accustomed to smelling or inhaling a concoction of ozone, oxides of nitrogen, ozonides, and substances x, y, and z begin to be a little worried. In recent years the medical profession in Los Angeles has set certain levels below which a catastrophe would be unlikely to occur. This is admittedly a very difficult decision to make and it has pointed to a serious deficiency in our knowledge of environmental hygiene.

In studies of the health effects of air contaminants it becomes evident that there is a great difference between the industrial and general population levels. The industrial group are healthy individuals from whom the extra sensitive have been removed because the working conditions did not agree with them. For the whole population such

a selection does not take place to any large degree, and we are dealing with the oversensitives — the sick, the young, and the very old. Public health officers have a most difficult task in establishing pollution levels for such a heterogeneous group, and it is a foregone conclusion that when levels are finally adopted there will be those who will maintain that they are too high, while others will charge persecution of industry because the levels are set too low. Animal experiments, and even experiments with human beings, while indicating some level of toxicity or annoyance, cannot give the answer for a general population. In urban areas we are dealing with several million people, and many would call the death of one or two persons per million, or some 20 for a town the size of Los Angeles, a disaster. The impossibility of approaching this accuracy of prediction in an experimental human, or even animal, colony is evident, for we would have to experiment with a few million individuals to get a statistically valid answer.

We therefore come to the conclusion that the only person able to give answers with any certainty about the result of some large-scale fumigation is the epidemiologist gathering data on death rates and general health status. It is, of course, unfortunate that this kind of study comes too late to prevent the disaster; on the other hand, these studies furnish extremely valuable data on ways to prevent recurrence of the same series of events. The study of pretoxic effects consisting in physiological responses warning of the danger ahead is one of the most promising approaches to the study of pollution levels. One of the physiological changes intensively studied is greater flow resistance in the respiratory system [1]. The effects found at lower concentration do not necessarily represent toxic symptoms but may be regarded in the same class as sneezing, coughing, or blinking of the eye — therefore as warning signs and pretoxic symptoms. Such experiments will eventually form the basis for community health standards.

PREVENTIVE CONTROL. — Air pollution disasters can be prevented and nuisance effects can be minimized by planning at the right time. Such planning requires some basic information about the progress of a package of air loaded with pollutants over the area. Also needed are data on changes taking place in the pollution cloud when, as in Los Angeles, relatively harmless gases react to form irritants.

When all these facts, plus the size and nature of the emission, are known, we can begin to think of plotting the trajectories and the isopollution lines for different substances. This kind of calculation has been made by Frenkiel [17] for a hypothetical case in the Los Angeles area but is generally applicable to other areas. Its use will become more widely accepted when population density rises. In acute air pollution incidents, explosions, or release of toxic chemicals which

require an immediate assessment of the area to be evacuated, modern computing facilities could give the answer in seconds.

The environmental engineer has another important function in advising about the location of industry. A mistake in judgment in this respect may result in years of costly legal procedures with no victory for either side. Numerous examples could be given of the thoughtless establishment of industries in poorly ventilated areas resulting in heavy pollution, high control expenses, and poor public relations. A detailed knowledge of meteorological and geographic characteristics of an area allows the applied mathematician to assess the impact of emissions from individual sources on other areas. Modern computing science can solve problems dealing with a diffuse source such as the automobile by calculating and integrating the individual contribution of this multiple source.

Knowing the rates of increase or control of every source, accurate predictions can be made on future pollution levels, and these predictions can guide the control officials in their task [18, 19]. The mathematical treatment of the expansion and movement of pollution clouds aids in settling the question of the relative contributions of various sources on a given location. It is quite common to refer loosely to minor and major sources, completely losing sight of the fact that in certain neighborhoods a local source may have a greater nuisance effect than larger sources located far away. A great deal of friction could be avoided by recognizing this simple fact, and relative contribution charts for different locations could be of great help in objectively settling some of the hot arguments.

MANPOWER. — Air pollution problems are as varied as the activities of people themselves. Problems met in air conservation are extremely complex and need the cooperative assistance of many scientific and technical disciplines. There is hardly any field of human endeavor that is not touched. The student of environmental hygiene has hundreds of square miles as his laboratory and about everything a population emits to the air as his chemicals — in other words, a mixture representing a sizable portion of the inorganic and organic chemicals. His accomplishments have to be attuned to a population so varied in reactions and responses that an « average » person has no meaning in his problem. Entering into and often interfering with the normal occupations of the community, he has to be endowed with diplomatic and legal talents.

The smoke inspector of the past still performs a useful function, but the control of emissions from modern industry, motor vehicles, insecticides, weed killers, and miscellaneous solvents needs skills which involve the use of the whole array of modern laboratory equipment,

optical instruments, spectrographs, and gas chromatography. The increased importance of the task of the environmental engineer and scientist in protecting the cleanliness of the air is felt in many quarters, and several universities and federal agencies have started courses in practical and theoretical aspects of air pollution control (ref. 3 page 33).

FUTURE OF CONTROL. — Our confidence in the abundance of the four principal elements of our forefathers has been severely shaken in recent times. We have learned that the increasing population will have less and less room in which to grow its crops and keep its cattle. Coal, oil, and gas reserves have definite time limits and the water of our rivers and lakes has become more and more polluted. Finally, our supposedly infinite supply of air has turned out to be limited too. With the advent of atomic energy, many of these problems can be solved, but the universal use of atomic energy will make the problem of keeping our air fit to breathe even more difficult. Now we are concerned with constituents present in concentrations of a few parts per million. The future, and part of the present, generation must worry about the removal of pollutants in quantities smaller by a factor of many powers of ten. In this more efficient cleaning process, the theoretical knowledge and technical skill required will be far greater than the knowledge and skill available today.

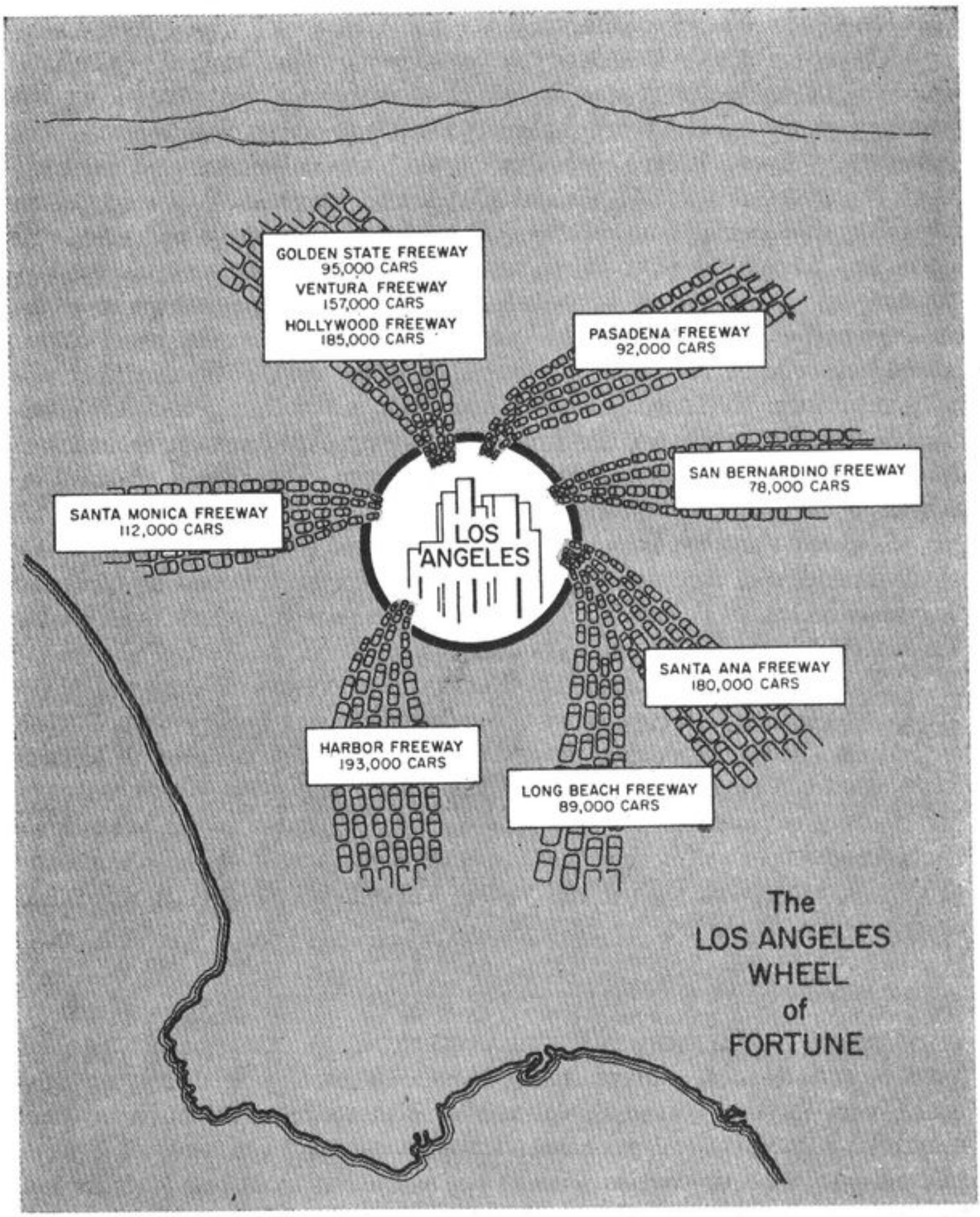
The tremendous cost to the community of air pollution justifies that we apply a major effort in controlling this problem and enlist top scientists and engineers to cope with the ever-increasing problems. We can afford to pay for clean air.

In the Los Angeles area alone it is estimated that several hundred million dollars have been spent already to curtail some emissions, and many more will have to be spent before the smog will again be unnoticeable. At the present time the air pollution control authorities, working against a 4 percent increase in population, are doing somewhat better than holding the line. Over the whole nation the expense will be staggering and will run into billions of dollars. Controlling the 90 million automobiles in the U.S.A. alone will cost in the order of 9000 million dollars. This doesn't include the cost of renewal and maintenance which is estimated to be at least a billion dollars per year.

It is understandable that there has been a great deal of resistance to the installation of costly control equipment which often does not contribute in a direct manner to profits. Some of the objections have been removed in recent years, and it is now generally conceded that damage from air pollution is large and that recovery measures often pay for themselves and in some cases may even make profits. Corrosion due to the emission of various chemicals is a source of tremendous expense to the public. Recovery methods will reduce this corrosion and

will also lower the cleaning bills for the outside, as well as the inside, of our houses, as mentioned earlier.

But even if no direct profit is made, the many intangibles make it worthwhile to improve living conditions. The standard of living of the workers is raised and possible adverse effects on their health



More than one million cars converge upon the center of town establishing high levels of air pollution.
Plus d'un million de voitures convergent vers le centre de la ville, établissant des niveaux élevés de pollution de l'air.

are eliminated. This contributes to an increased efficiency on the part of the worker. It also raises the value of the industrial property and of the surrounding real estate. In many cases management has gone much further than merely curing existing air pollution problems. At the present time climatological and topographical conditions are examined carefully in selecting the site for new industry and in the construction of new buildings the installation of air pollution control equipment is considered beforehand rather than at a time when public relations have already suffered a severe setback.

The old slogan, « Prosperity is measured by the number of smoking stacks », is no longer true. Today prosperity can be gauged by the number of strange looking bulges protruding from the roofs of the factories. These bulges are dust and fume collectors and indicate that the community and its industry have progressed to a standard of living and social consciousness that does not permit objectionable emissions to spread over other peoples' property. Many modern factories and offices have installed extensive air purification systems since experience has shown that clean air is healthier and leads to less absenteeism and, in addition, keeps cleaning and redecorating costs at a minimum. Scientific laboratories, too, have found that air purification is worthwhile for the protection from plant damage, from interference in sensitive enzyme systems, and from destruction of oxidant-sensitive organic compounds.

Less satisfactory, from a hygienic point of view, is the way many of us spend our day undergoing fumigations of tobacco smoke and engine exhaust — a combination which for many years has been under suspicion where its effects on health are concerned.

The determined effort of the Federal Government to return clean air to this country is seen in rise in appropriations for its air pollution activities. Funding started in 1955 with $186,000 reached 4 million in 1960 and is expected to be 64 million this year. The Clean Air Act has made provisions to act in disputes between states and has, through the establishment of federal community health standards, the means to correct violations within the states when local efforts are unwilling or powerless to do so.

URBAN GOVERNMENT REORGANIZATION. — Air doesn't respect legal boundaries. It moves freely from city to city within a natural basin, « an airshed », a geographical and meteorological entity. This might be a narrow valley or broad area covering thousands of square kilometers. The air carries with it the pollution from one jurisdiction to another and in combating air pollution in modern urban areas we need governmental structures which can cope with this evil.

Federal laws are now available which can cope with interstate

pollution problems when pollution crosses state boundaries. A concerted attack on the urban areas is still in its infancy.

American cities are a conglomeration of separate legal entities. Los Angeles County contains 76 separate cities, each defending its independence and private interests at all cost. Most students of air pollution and urban areas have come to the conclusion that a reorganization and a new thinking in city government is essential. This holds not only for air pollution, but holds with equal force for other aspects of urban life — transportation, education, taxation, etc. All these facets of urban life are closely interrelated and interdependent. The provisions we make for the transport of people, the location of our industries, the way we fuel our industries and how we dispose of our mountains of waste products — all these aspects of community design determine the future quality of our community air supplies. With an intelligent and aggressive approach to our community problems, with a willingness of a majority of the people to forego short term profits for the far greater advantage of breathing clean air, we can prevent smog anywhere at all times.

Pasadena, California Institute of Technology.

A. J. HAAGEN-SMIT

LITERATURE

[1] Extensive reviews of the effects of air pollution on humans, animals, plants, and materials are found in publications of the United States Department of Health, Education and Welfare in Washington, D. C.; in the World Health Organization's Monograph No. 46 entitled Air Pollution (1961) and in volume I of *Air Pollution* edited by A. C. STERN (1962). The chapter by M. D. THOMAS in the World Health Organization volume, *Effects of air pollution on plants,* contains many colored pictures of smog damage.

[2] *The Air Pollution Handbook.* P. L. MAGILL, F. R. HOLDEN, C. ACKLEY. McGraw-Hill, New York (1956).

[3] *Atmospheric carbon dioxide.* Chapter on Restoring the Quality of Our Environment, pp. 112-133. Report of the Environmental Pollution Panel, President's Science Advisory Committee (Nov. 1965). Government Printing Office, Washington, D. C., U.S.A.

[4] *Air Conservation.* Report of Air Conservation Commission of the American Association for the Advancement of Science, Publication no. 80. Am. Ass. Adv. of Science, Washington, D. C. (1965).

[5] HAAGEN-SMIT A. J., *Carbon monoxide levels in city driving.* Arch. Environ. Health *12,* 548-551 (1966).

[6] MUNGER H. P., *The spectrum of particle size and its relation to air pollution,* in I. C. McCabe, *Air Pollution.* Mc Graw-Hill, New York (1952). Chapter 2, p. 12.

[7] GREEN H. L. and W. R. LANE, *Particulate Clouds, Dusts, Smokes and Mists.* Van Nostrand Co., Princeton, New Jersey, U.S.A. (1964).

[8] *Air Pollution,* edited by A. C. STERN. Control methods are discussed in volume 2 (1962).

[9] HAAGEN-SMIT A. J., *Chemistry and physiology of Los Angeles smog.* Industrial and Engineering Chemistry *414,* 1342-1346 (1952).

[10] MIDDLETON J. T. and A. J. HAAGEN-SMIT, *The occurrence, distribution, and significance of photochemical air pollution in the United States, Canada and Mexico.* J. Air Pollution Control Association *11,* 129-134 (1961).

[11] HAAGEN-SMIT A. J. and C. E. BRADLEY, *The application of rubber in the quantitative determination of ozone.* Rubber Chemistry and Technology *24,* 750 (1951).

[12] HAAGEN-SMIT A. J., *Reactions in the atmosphere. Air Pollution*, edited A. C. STERN, volume I, pp. 41-62. Academic Press, 1962. Revised edition in press (1968).

[13] LEIGHTON P. A., *Photochemistry of Air Pollution*. Academic Press, New York (1961).

[14] Vehicle emissions. Technical Progress Series. Volume 6. Society of Automotive Engineers, Inc., 485 Lexington Ave., New York 10017. Distribution Pergamon Press Ltd., Oxford, England (1964).

[15] KOPA R. D. and H. KIMURA, *Exhaust gas recirculation as a method of nitrogen oxides control in an internal combustion engine*. 53 Ann. Meeting APCA, Cincinnati, Ohio (May 1960).

[16] DAIGH H. D. and W. F. DEETER, *Control of nitrogen oxides in automotive exhaust*. Am. Petrol Inst. 27th Meeting, San Francisco, Calif., (May 17, 1962).

[17] FRENKIEL F. N., *Atmospheric pollution and zoning in an urban area*. Sci. Mon. *82*, 194-203 (1956).

[18] TURNER D. B., *A diffusion model for an urban area*. J. Appl. Meteor. *3*, 83-91 (1964).

[19] MILLER M. E. and G. C. HOLZWORTH, *An atmospheric diffusion model for metropolitan areas*. J. Air Pollution Control Ass. of America *17*, 46-50 (1967).

INFORMATIONSVERARBEITUNG DER NERVENZELLEN

Den bewussten Handlungen und Ausserungen des Menschen liegen vielfältige Prozesse der Informationsverarbeitung in den Nervenzellen des Zentralnervensystems zugrunde. Durch diese Prozesse werden die von den Sinnesorganen gelieferten Nachrichten auf einen Informationsfluss von weniger als 50 bit/s reduziert. Die Auswertung der bekannten Grundeigenschaften der Nevenzellen mittels elektronischer und mathematischer Modelle hat ergeben, dass schon die einzelne Nervenzelle befähigt ist, viele Funktionen der analogen und der digitalen Informationsverarbeitung sowie eine Reihe spezieller Schaltfunktionen auszuführen. Entscheidend fur die Leistung des Zentralnervensystems ist neben diesen Fähigkeiten die Gesamtzahl der Nervenzellen. Eine Betrachtung der prähistorischen Funde zeigt, dass die biologische Entwicklung des menschlichen Gehirns zwar relativ ausserordentlich langsam fortschreitet, dass aber die absolute Zunahme der Anzahl der Nervenzellen auch in geschichtlichen Zeiträumen von grosser Bedeutung sein kann.

1. - Das Zentralnervensystem. — Der Mensch empfängt alle Informationen über seine Umwelt durch seine Sinnesorgane. Diese enthalten die eigentlichen Sinnesrezeptoren, von denen wir über 10^9 besitzen. Die von den Sinnesorganen erzeugten, die Informationen enthaltenden Impulsfolgen mit Frequenzen bis zu etwa 1.000 Hz fliessen über mehrere Millionen Nervenleitungen dem Zentralnervensystem zu. Jede dieser Leitungen ist befähigt, Informationsflüsse von 10 bis 100 bit/s zu übertragen, sodass also die gesamte « Kanalkapazität » der Eingangsleitungen des Zentralnervensystems bei 10^7 bis 10^8 bit/s liegt. In dem aus etwa $1{,}5 \cdot 10^{10}$ Nervenzellen (Neuronen) bestehenden Zentralnervensystem werden die einlaufenden Impulse zu den eigentlichen Informationen ausgewertet. Der davon in unser Bewusstsein gelangende Informationsfluss liegt unter 25 bit/s. Aus ihm und den gespeicherten Erfahrungen leiten wir alle unsere bewussten Handlungen und Äusserungen ab. Diese entsprechen ebenfalls relativ niedrigen Informationsflüssen, deren obere Grenze etwa 50 bit/s beträgt. Dazu sind allerdings wieder mehrere Millionen Nervenleitungen erforderlich, die zu den Muskeln führen und deren gesamte Kanalkapazität etwa bei 10^7 bit/s liegt. Die Fig. 1 veranschaulicht diese Verhältnisse.

Die Einengung der Informationsflüsse im Gehirn um mehr als 5 Zehnerpotenzen gibt eine Vorstellung von dem ungeheuren Umfang der Informationsverarbeitungsprozesse der Filterung, der Such-und Auswahlvorgänge, der Abwägungen und Entscheidungen, die sich im Gehirn abspielen. Die heutigen Kenntnisse sind weit davon entfernt, diese Vorgänge des Zusammenwirkens der Nervenzellen im einzelnen

verfolgen zu können. Wesentliche Fortschritte wurden jedoch in den letzten Jahrzehnten bei der Aufklärung der informationsverarbeitenden Funktionen der Nervenzellen selbst erreicht.

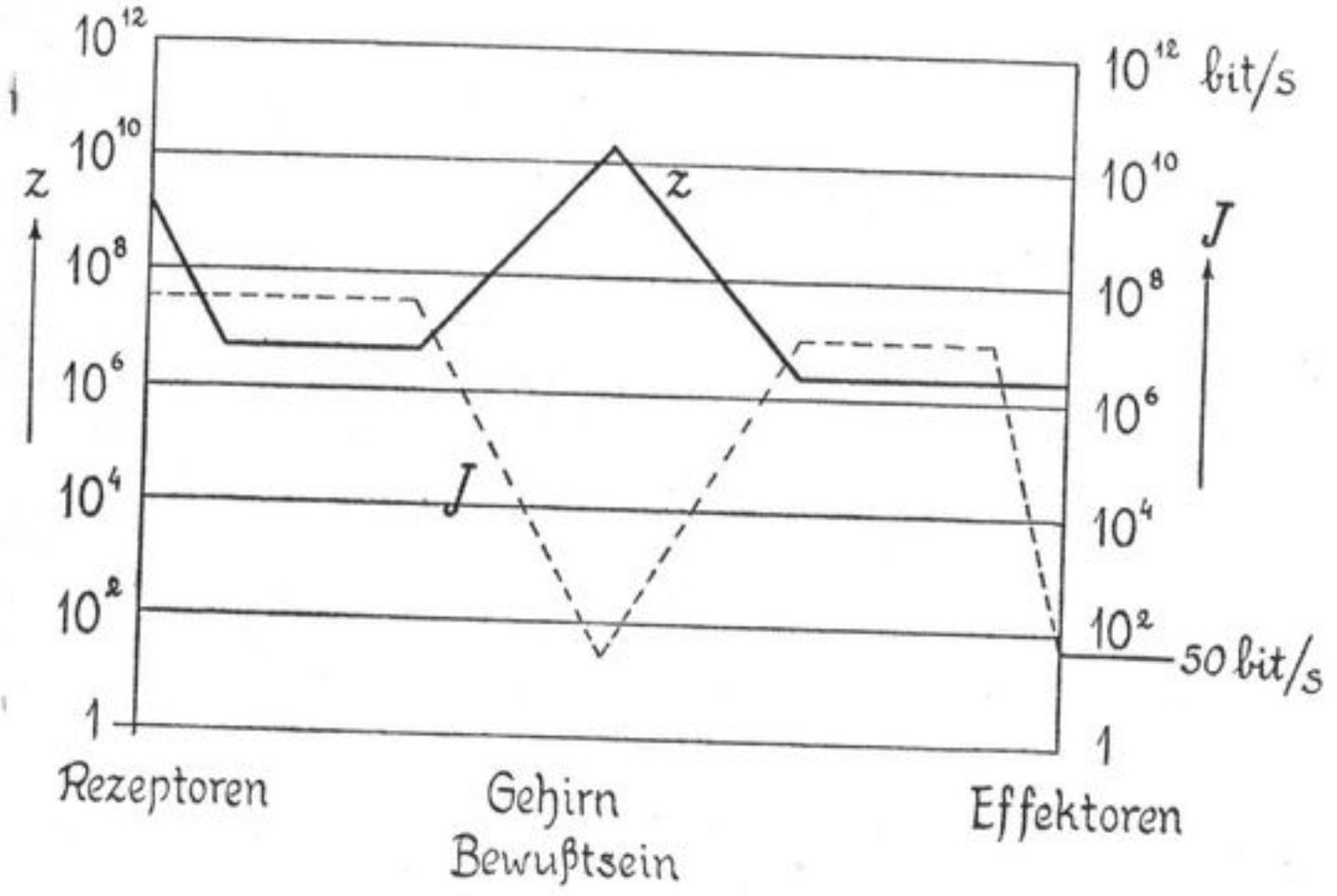


Fig. 1

Zahl der Nervenzellen z und der maximalen Informations-flüsse J im Zentralnervensystem. Die Summe aller Informationsflüsse im Gehirn ist entsprechend der grossen Zahl z ausserordentlich gross; aber nur ein relativ kleiner Extrakt gelangt in das Bewusstsein.

Nombre des cellules nerveuses z et des flux maximum d'information J dans le système nerveux central. La somme de tous les flux d'information dans le cerveau est conformément au grand nombre z extraordinairement grand; mais ce n'est qu'un extrait relativement petit qui parvient au niveau de la conscience.

2. - Die Nervenzellen. — Die Nervenzellen haben sehr verschiedene Formen und Grössen; jede Nervenzelle besteht im wesentlichen aus dem Zellkörper mit einem Durchmesser zwischen etwa 5 µm und 100 µm und davon ausgehenden zahlreichen verzweigten Fortsätzen. Von diesen sind die meisten, die sogenannten Dendriten, relativ kurz (unter 1 mm) und endigen frei. Ein besonders ausgeprägter fadenförmiger Fortsatz mit einem Durchmesser zwischen 2 µm und 16 µm und Längen bis über 1 m ist die Ausgangsleitung (Axon, Neurit) der Nervenzelle. Sie endigt (meist mit vielen Verzweigungen) auf den Membranen anderer Nervenzellen und bildet so deren Eingangsleitung oder auf Muskeln oder Drüsen, die durch die übermittelten Impulsfolgen angeregt werden.

Die Grundfunktion der Nervenzelle besteht darin, dass sie in das Axon elektrische Impulse sendet, wenn die Membran der Zelle über die « Endknöpfe » der Eingangsleitungen (« Synapsen ») durch einlaufende Impulse dazu angeregt wird.

A. L. HODGKIN und A. F. HUXLEY haben 1952 auf Grund genauer Messungen an dem Axon einer grossen Nervenzelle die Wirkungsweise der Zellmembran weitgehend aufgeklärt und die Vorgänge durch mathematische Gleichungen beschrieben [1]. Die wesentlichen Ergebnisse sind kurz folgende:

1) Der Zellkörper wirkt mit seiner elektrisch isolierenden Membran wie ein elektrischer Speicher (Kondensator).

2) Durch eine aktive Wirkung der Membran werden positive Na-Ionen vom Zellinnern nach aussen gefördert entgegen den elektrischen Feldkräften und entgegen der Diffusion, sodass die Na-Ionenkonzentration im Innern sehr viel geringer als aussen ist. Dadurch stellt sich ein negatives Ruhepotential des Zellinnern gegenüber dem Aussenraum ein (etwa — 70 mV). Infolge des Potentialgefälles entsteht im Innern der Zelle ein solcher Überschuss an positiven K-Ionen, dass der von innen nach aussen fliessende Kaliumdiffusionsstrom gleich dem in umgekehrter Richtung fliessenden Kaliumleitungsstrom wird.

3) Wird die Spannung an der Membran durch eine äussere Stromquelle verändert, dann ändern sich die elektrischen Leitwerte der Membran nach komplizierten Funktionen, abhängig von dem zeitlichen Verlauf und der Grösse der Spannungsänderung.

4) Die durch diese Spannungsänderung bewirkte Änderung der Leitwerte der Membran verändert die Stromverhältnisse und damit wieder zusätzlich die Membranspannung. Es ergibt sich also eine Rückkopplung (Spannungsrückkopplung).

5) Wenn ein bestimmter Wert der Membranspannungsänderung überschritten wird, führt die Rückkopplung zu einer raschen Entladung der Nervenzelle und damit zu einem Ausgangsimpuls. Diese Ansprechschwelle ist selbst etwas von der Art der aufgezwungenen äusseren Spannung abhängig.

In diesem Bild fehlt nun noch die Wirkung der von anderen Nervenzellen kommenden, an den « Synapsen » einlaufenden Impulsfolgen. Die Erkenntnisse darüber sind in erster Linie J. C. ECCLES zu verdanken [2, 3]. In den synaptischen Spalten zwischen der Zellmembran und den Endknöpfen der einlaufenden Nervenfasern werden « Überträgerstoffe » ausgeschieden, wenn Impulsfolgen eintreffen. Diese Stoffe wirken auf die Zellmembran ebenfalls im Sinn einer Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit der Membran ein, sodass sie das Potential im Zellinnern und damit die Membranspannung ändern. Es gibt zwei Arten von Überträgerstoffen, solche, die zu einer Erhöhung des Membranpotentials und damit wegen der Spannungsrückkopplung der Zellmembran als « positive Rückkopplung » zur Auslösung von Impulsen führen können, und solche, die das Membranpotential noch weiter erniedrigen und damit die Auslösung von Impulsen hemmen oder sperren können. Dadurch unterscheiden sich die *erregenden Synapsen*

von den *hemmenden Synapsen*. Die Wirkung der Uberträgerstoffe wird so erklärt, dass sie die Durchlässigkeit der Membran für Ionen verschiedener Grösse beeinflussen.

Die informationsverarbeitenden Eigenschaften der Nervenzellen werden durch die Beziehungen zwischen den Eingangsimpulsen und den dadurch ausgelösten Ausgangsimpulsen gebildet. Diese *Eingangs-Ausgangsbeziehungen* kömen aber zur Zeit wegen der Kleinheit und Feingliedrigkeit der Nervenzellen nur schwer unmittelbar gemessen werden. Sie lassen sich jedoch entweder mathematisch oder mit Analogmodellen indirekt gewinnen. Beides ist durchgeführt worden. Für den Zellkörper selbst liegen die Gleichungen von HODGKIN und HUXLEY vor. Für die synaptischen Eingänge ist 1959 ein Modell vorgeschlagen worden, das auf folgendem Ansatz beruht [4, 5]. Die während eines Zeitelementes dt durch elektrische Stromimpulse i freigesetzte Überträgerstoffmenge ist nach Faraday proportional der Elektrizitätsmenge idt. Die während des Zeitelementes abgebaute oder durch Diffusion verschwindende Stoffmenge ist im einfachsten Fall proportional der Stoffmenge m. Daher gelten sowohl für die erregenden als auch für die hemmenden Synapsen in erster Näherung Gleichungen von der Form

$$dm = \alpha\ idt - \beta\ mdt$$

mit den Konstanten α und β . Die Abklingzeitkonstante des Überträgerstoffes ist $\tau_1 = 1/\beta$. Der durch die Überträgerstoffe verursachte zusätzliche Ionenstrom ergibt sich als Differenz der gesamten erregenden und der gesamten hemmenden Ströme, die in erster Näherung proportional den ausgeschiedenen Überträgerstoffmengen gesetzt werden.

Wesentlich ist, dass nun zwei Zeitkonstanten aufeinander folgen, nämlich die *Zeitkonstante* τ_1 *des Stoffabbaues* und die *Zeitkonstante* τ_2 *der Kondensatorentladung der Zellmembran*. Daraus folgt z.B. die an Nervenzellen beobachtete Erscheinung, dass die Impulsfolgefrequenz am Ausgang der Zelle grösser als die am Eingang sein kann, wenn nämlich τ_1 hinreichend gross gegen τ_2 ist.

Elektronische Modelle, die *alle* diese Grundlagen möglichst weitgehend zu berücksichtigen versuchen, sind zuerst von F. JENIK hergestellt und untersucht worden [5, 6]. Genaue rechnerische Untersuchungen mit Hilfe eines Digitalrechners auf der Grundlage des mathematischen Modells wurden von F. JENIK und H. HOEHNE durchgeführt [7].

Das wichtigste Ergebnis der Modelluntersuchungen ist, dass *die Nervenzelle grundsätzlich sowohl zur digitalen als auch zur analogen Informationsverarbeitung befähigt* ist. Im folgenden werden die wichtigsten Funktionen der Nervenzellen, wie sie bei diesen Untersuchungen gefunden worden sind, aufgeführt.

a) *Allgemeine Signalverarbeitungsfunktionen.*

1) *Schalten eines Übertragungsweges.* Druch Impulse an den hemmenden Synapsen kann die Übertragungsfähigkeit einer Nervenzelle für Impulse an den erregenden Synapsen unterbunden werden. Wie z.B. aus Beobachtungen über den Gesichtssinn und das Gehör bekannt ist, spielt diese Funktion eine wichtige Rolle sowohl im unbewussten als auch im bewussten Bereich. Wir können z.B. unsere Aufmerksamkeit willkürlich bestimmten Dingen zuwenden und andere willkürlich « abschalten ».

2) Durch eine konstante Potentialerhöhung über die erregenden Synapsen können periodische Impulsfolgen erzeugt werden; die Nervenzelle wirkt als *Pulsgenerator.*

3) Durch eine konstante Potentialerhöhung über die hemmenden Synapsen kann die Ansprechschwelle der Nervenzelle erhöht werden, sodass kleine Störimpulse unterdrückt werden: *Störungsverminderung.*

4) Die Nervenzelle kann als *Frequenzteiler* wirken; die Frequenz der Impulsfolge am Ausgang kann kleiner als die Frequenz der Impulsfolge am erregenden Eingang sein. Dazu muss die Zeitkonstante τ_2 der Zelle oder die das Rückkopplungsweges hinreichend gross sein.

5) Die Nervenzelle kann als *Frequenzvervielfacher* wirken; dies ergibt sich, wenn die Zeitkonstante τ_1 der Überträgerstoffspeicherung hinreichend gross ist gegen τ_2.

b) *Digitale (binäre) Impulsverarbeitungsfunktionen.*

1) Die *logische Und-Verknüpfung* entsteht, wenn die Eingangsimpulse den erregenden Synapsen zugeführt werden und ihre Amplituden so klein sind, dass erst dann die Ansprechschwelle überschritten wird, wenn sämtliche Eingangsimpulse gleichzeitig auftreten (« Schwellen-Logik »).

2) Die *logische Oder-Verknüpfung* entsteht, wenn die Eingangsimpulse den erregenden Synapsen zugeführt werden und ihre Amplituden so gross sind, dass jeder einzelne Impuls bereits die Ansprechschwelle überschreitet.

3) *Negation einer Impulsfolge.* Eine binäre Impulsfolge wird umgekehrt, wenn sie den hemmenden Synapsen einer Nervenzelle zugeführt wird und wenn gleichzeitig auf die erregenden Synapsen ein Impulsgenerator gleicher Frequenz bei geeigneten Amplitudenverhältnissen einwirkt.

4) *Verzögerung* eines Impulses. Ein einzelner Impuls kann entweder dadurch verzögert werden, dass er über eine Nervenleitung geeigneter Länge geführt wird (Verzögerungszeiten 10 bis 50 µs/mm) oder dadurch, dass er über einen synaptischen Eingang eine Nervenzelle erregt (Verzögerungszeiten ungefähr 1 ms).

c) *Analoge Impulsverarbeitungsfunktionen.*

Die Information liegt hier in den Abständen von je zwei aufeinander

folgenden Impulsen oder in der mittleren Frequenz der Impulsfolge (Impulsrate).

1) *Addition von mehreren Frequenzen.* Die Impulsfolgen werden den erregenden Synapsen zugeführt mit solcher Impulsgrösse, dass jeder einzelne zu einem Ansprechen der Zelle führt. Dies setzt hinreichend kleine Zeitkonstanten τ_1 und τ_2 voraus.

2) *Multiplikation von mehreren Frequenzen.* Wie 1., jedoch liegt die Ansprechschwelle so, dass nur die zufällige Überlagerung sämtlicher Eingangsimpulse zu einem Ansprechen führt [8, 9].

3) *Integration, Mittelwertbildung der Frequenz.* Sie ergibt sich über die erregenden Synapsen bei hinreichend grosser Zeitkonstante τ_1.

Schon die einzelne Nervenzelle ist also vielfacher Funktionen fähig. Einige dieser Funktionen können bereits zur Erklärung gewisser beobachteter Verarbeitungen im Zentralnervensystem herangezogen werden. Die wesentlichen Leistungen des Zentralnervensystems setzen aber wahrscheinlich immer *das Zusammenwirken sehr grosser Zahlen von Nervenzellen* voraus; auch dieses Zusammenwirken muss auf den Grundeigenschaften der Nervenzellen beruhen. Da die Verknüpfungsmöglichkeiten quadratisch mit der Anzahl der Elemente wachsen, so wachsen die möglichen Leistungen rascher als die Anzahl Nervenzellen. Die Gesamtzahl der Nervenzellen ist daher als ein entscheidender Faktor aller informationsverarbeitenden Leistungen des Gehirns anzusehen. Aus diesem Grund soll noch kurz betrachtet werden, was heute über die Entwicklung dieser Zahl festgestellt werden kann.

3. - Die Entwicklung des menschlichen Gehirns. — Der Prozess der biologischen Entwicklung des Gehirns, das dem Menschen seine Sonderstellung in der Natur ermöglichte, vollzog sich im Lauf von Millionen von Jahren. Mit dem Ende der letzten Eiszeit war die Entwicklung des menschlichen Gehirns nach Volumen und Form, soweit aus den prähistorischen Funden feststellbar, abgeschlossen (Neandertaler, Crô-Magnon-Mensch). Der damit erreichte Stand der Entwicklung des Gehirns kann durch den Begriff der « cerebralen Leistungspotenz » gekennzeichnet werden, und es ist davon die « cerebrale Leistungsentfaltung » zu unterscheiden [10]. Die mit der Steinzeit vor etwa 10.000 Jahren beginnende Entwicklung der menschlichen Kultur wird als eine Entfaltung der bereits latent vorhandenen Möglichkeiten angesehen [11].

Die Frage der *Schnelligkeit* der Entwicklung des menschlichen Gehirns ist bisher noch wenig beachtet worden; die im folgenden versuchte Abschätzung führt zu einem interessanten Ergebnis. In der folgenden Tabelle sind einige Daten über prähistorische Menschen aufgeführt. Die daraus entnommenen Hirngewichte sind für die verschiedenen Zeitpunkte in Fig. 2 in einem logarithmischen Mass-Stab eingetragen, wobei der Zeitnullpunkt die Gegenwart bedeutet.

Nr.	*Name*	*Fundort*	*Gehirninhalt/cm³*	*Alter/Jahre*
1	Pithecanthropus modjokertensis	Java 1939	600 bis 750	700.000
2	Pithecanthropus erectus	Java 1891	900	700.000
3	Sinantropus lantianensis	China 1964	780	700.000
4	Pithecantropus erectus	Java 1937	770 bis 975	500.000 bis 700.000
5	Tanzania-Mensch	Tanz. 1961	1.000	500.000
6	Sinantropus	Peking 1927	1.100	300.000
7	Neandertal-Mensch	Düssel 1856	1.300 bis 1.400	30.000 bis 100.000
8	Rhodesien-Mensch	Rhodesien	1.325	30.000 bis 100.000
9	Mensch, heute	—	1.350 bis 1.500	—
10	(Gorilla)	—	(500)	—

In Fig. 2 ist eine gerade Linie eingezeichnet, die etwa die durchschnittliche Entwicklung angibt; sie entspricht einem exponentiellen Wachstum mit einer *Wachstumsrate* von

$$0{,}8 \cdot 10^{-6}/\text{Jahr}.$$

Sicher ist die Entwicklung nicht gleichmässig nach einer Exponentialfunktion verlaufen; es wird Zeiten und Orte sehr verschiedenen Wachstums gegeben haben. Die festgestellten Tatsachen bieten aber keinen Hinweis, dass die Entwicklung in irgendeinem bestimmten Zeitpunkt plötzlich stattgefunden hätte oder dass sie jetzt etwa zum Stillstand gekommen wäre. Dass darüber keine genaueren Aussagen gemacht werden können, liegt an der ausserordentlich geringen Schnelligkeit des Wachstums. In dem Zeitraum, den wir geschichtlich überblicken, wird die der Wachstumsrate entsprechende Zunahme völlig überdeckt durch die individuelle Streuung. Selbst seit dem Ende der letzten Eiszeit vor etwa 15.000 Jahren beträgt der mit der obigen Rate berechnete Zuwachs nur

$$15.000 \cdot 0{,}8 \cdot 10^{-6} = 1{,}2\%.$$

Er liegt damit weit innerhalb der Streuungsbreite des gegenwärtigen menschlichen Gehirnvolumens, die über 30% beträgt.

Ganz anders wird nun das Bild, wenn man nicht den relativen, sondern den absoluten Zuwachs betrachtet. Bei der Anzahl der Nervenzellen des gegenwärtigen Menschen von $1{,}5 \cdot 10^{10}$ bedeutet die berechnete Wachstumsrate eine *durchschnittliche Zunahme des menschlichen Gehirns* um

$$0{,}8 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}5 \cdot 10^{10} = 12.000 \text{ Nervenzellen je Jahr.}$$

Seit der Steinzeit hat sich die Kapazität des menschlichen Gehirns um etwa 100 Millionen Nervenzellen vergrössert! In den oben erwähn-

ten elektronischen Modellen werden zur Nachbildung der einfachsten informationsverarbeitenden Funktionen einer Nervenzelle 5 bis 15 Transistoren benötigt. Das Wachstum des menschlichen Gehirns seit der prähistorischen Zeit ist also etwa einer Milliarde Transistoren äquivalent. Daher ist es durchaus *wahrscheinlich, dass sich auch in geschichtlichen Zeiträumen die biologische Weiterentwicklung des menschlichen Gehirns auswirkt.*

Falls die Wachstumsrate auch heute noch anhält, wogegen keinerlei Anzeichen vorliegen, dürfte es schon bedeutungsvoll sein, wenn allein *je Generation* durchschnittlich ein Zuwachs von

$$33 \cdot 12.000 = \text{rund } 400.000 \text{ Nervenzellen}$$

entsteht.

Hinweise, welche Teile des Gehirns an der Weiterentwicklung wahrscheinlich beteiligt sind, ergeben sich besonders aus den Untersuchungen von H. SPATZ [10, 11, 12]. Es ist der auf dem knöchernen Dach der Augenhöhlen aufliegende Teil der Grosshirnrinde, der *basale Neocortex*, der entwicklungsgeschichtlich der neueste Bereich des Grosshirns ist. Aus Beobachtungen über Verletzungen weiss man, dass dieser Gehirnteil besonders entscheidend ist für die höchsten

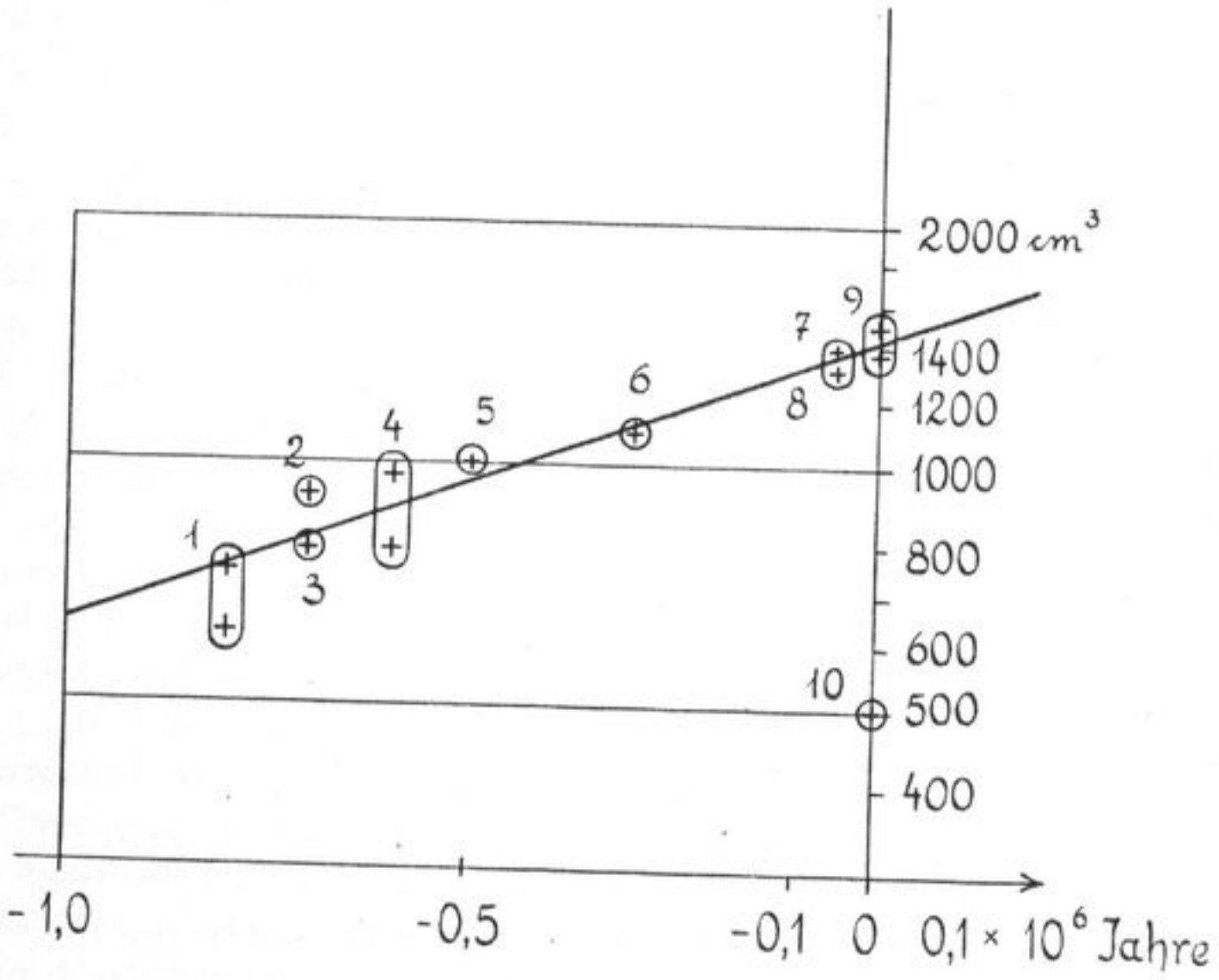


Fig. 2

Hirnvolumen prähistorischer Menschen. Die Zahlen an den Punkten entsprechen den in der Tabelle aufgeführten Nummern. Die gerade Linie zeigt eine Wachstumsrate von $0{,}8 \cdot 10^{-6}$ *je Jahr an.*

Volume du cerveau d'hommes préhistorique. Les nombres sur les points correspondent aux chiffres reportés dans le tableau. La droite indique un taux de croissance de $0{,}8 \cdot 10^{-6}$ *par an.*

Persönlichkeitswerte, für die ethischen Hemmungen und damit für den Charakter. *Das Wachstum gerade dieses Bereiches muss daher als ein Vorgang angesehen werden, der für das Schicksal der Menschheit von grösster Bedeutung ist.*

Darmstadt, Technische Hochschule.

K. KÜPFMÜLLER

LITERATURVERZEICHNIS

[1] A. L. HODGKIN u. A. F. HUXLEY. *A Quantitative Description of Membrane Current and its Application to Conduction and Excitation in Nerve.* Journ. Physiol. *117*, 1952, 500.

[2] J. C. ECCLES. *The Physiology of Nerve Cells.* J. Hopkins, Baltimore, 1957.

[3] J. C. ECCLES. *The Physiology of Synapses.* Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1964.

[4] K. KUPFMULLER. *Informationsverarbeitung durch den Menschen.* Nachr.-Techn. Zeitschr. 1959, S. 68.

[5] K. KUPFMULLER u. F. JENIK. *Uber die Nachrichtenverarbeitung in der Nervenzelle.* « Kybernetik », *1*, 1961, S. 1.

[6] F. JENIK. *Electronic Neuron Models as an Aid to Neurophysiological Research.* Ergebnisse der Biologie, Bd. XXV, S. 206.

[7] F. JENIK u. H. HOEHNE. *Uber die Impulsverarbeitung eines mathematischen Neuronenmodells.* « Kybernetik », *3*, 1966, S. 109.

[8] F. JENIK. *Die Uberlagerung von Impulsfolgen in Systemen mit einer Schwelle.* Arch. f. elektr. Ubertragung, *16*, 1962, S. 173.

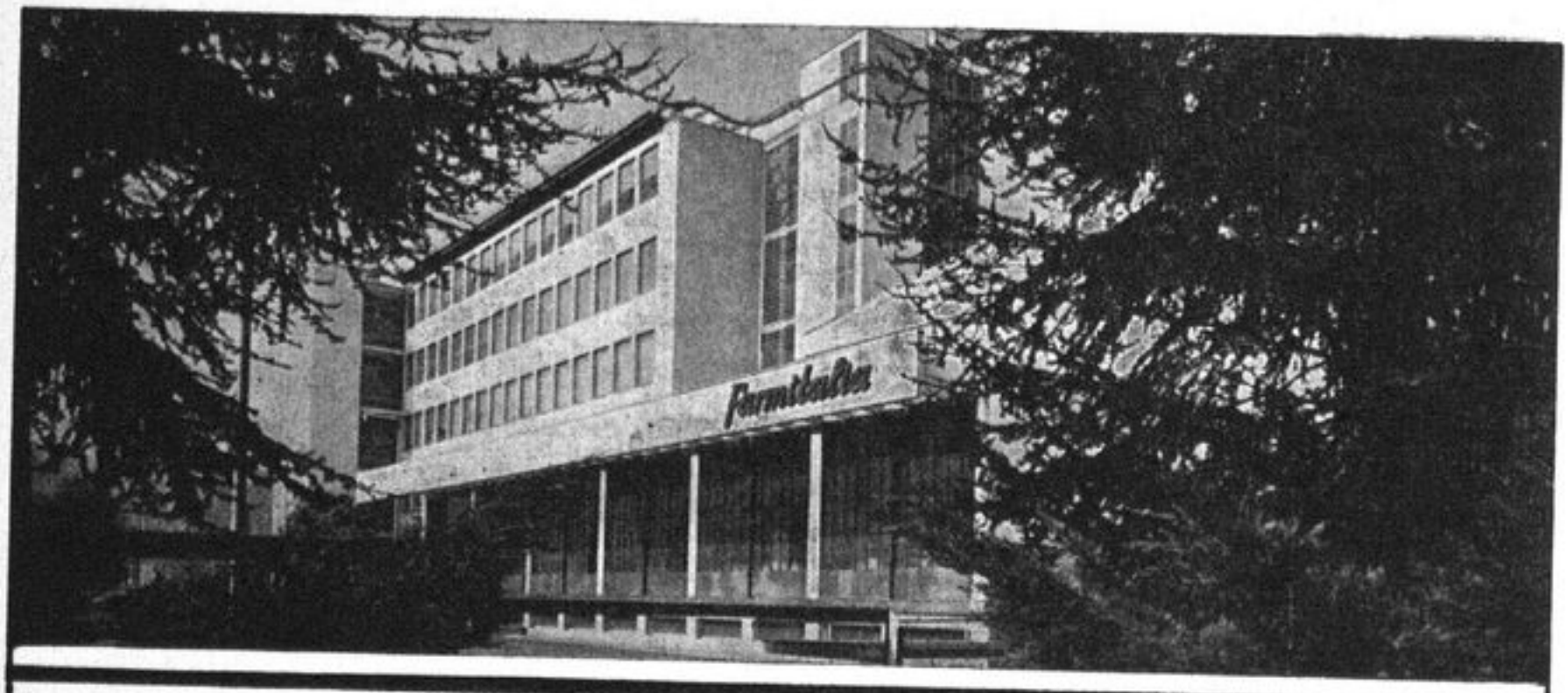
[9] D. BECKER. *Zur Berechnung statistisch schwankender Impulsfolgen und ihrer Uberlagerung.* « Kybernetik », *3*, 1966, S. 191.

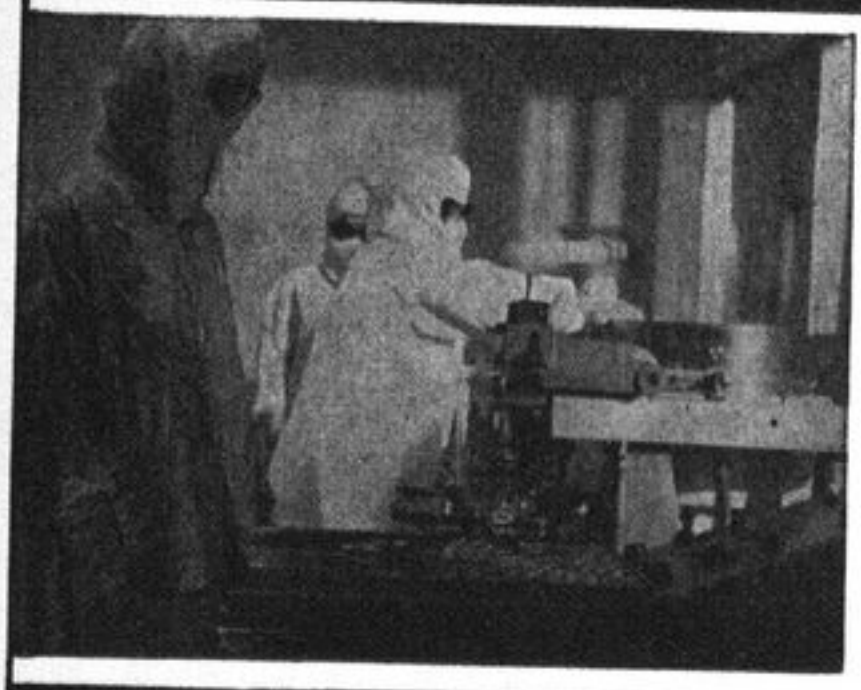
[10] H. SPATZ. *Menschwendung und Entwicklungsgeschichte.* Nachr. Giessener Hochschulges. *24*, 1951, 52.

[11] H. SPATZ. *Gedanken über die Zukunft des Menschenhirns.* « Der Ubermensch », Rhein-Verlag, Zürich 1961.

[12] H. SPATZ. *Vergangenheit und Zukunft des Menschenhirns.* Jahrbuch 1964 d. Akademie d.Wissenschaften und der Literatur, Mainz, Franz Steiner Verlag, Wiesbaden 1965.

[13] F. JENIK. *Pulse Processing by Neuron Models.* « Neural Theory and Modeling », Stanford University Press, 1964.

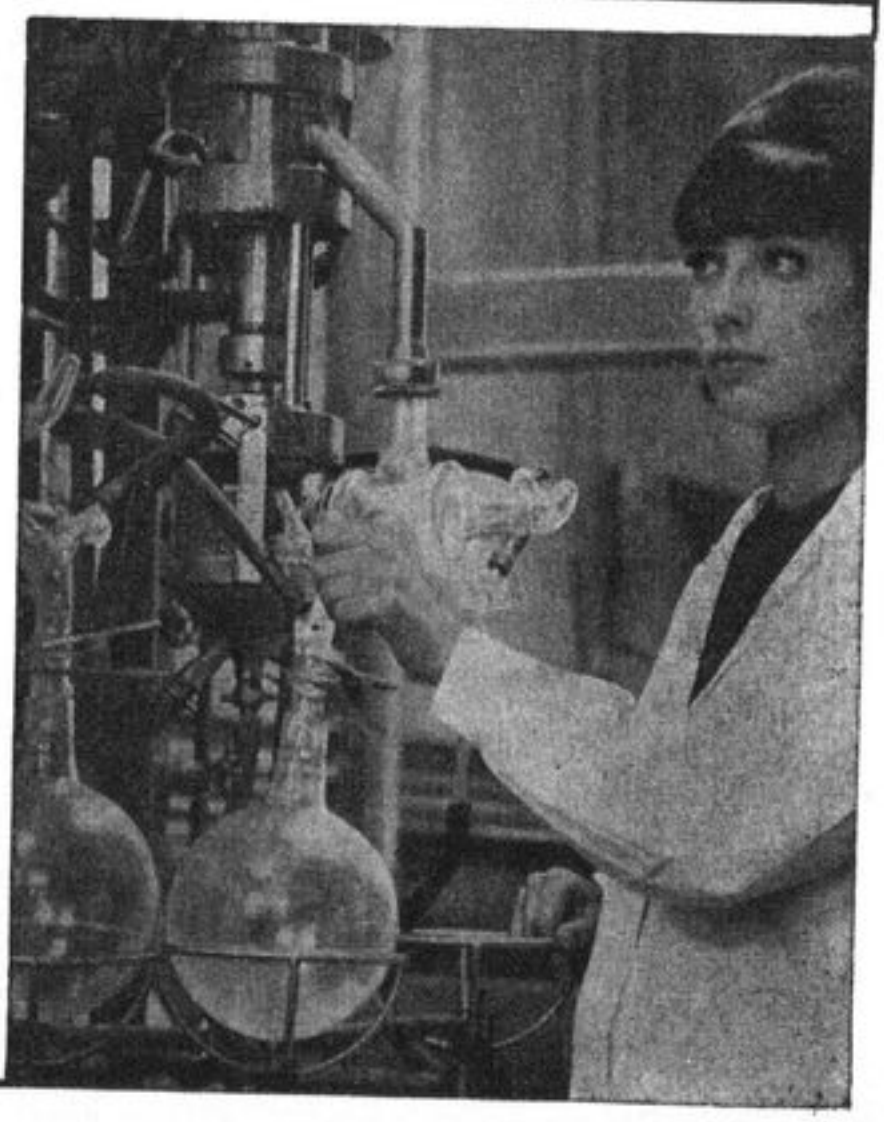




Farmitalia

LABORATORI DI RICERCHE
CENTRI SPERIMENTALI
STABILIMENTI DI PRODUZIONE

LA VOSTRA FIDUCIA
È IL NOSTRO ORGOGLIO



IL PENSIERO SCIENTIFICO DI MAXWELL E LO SVILUPPO DELLA TEORIA DEL CAMPO ELETTROMAGNETICO NELLA MEMORIA "ON FARADAY'S LINES OF FORCE"

In questo scritto vengono esaminate le idee di Maxwell sulla natura delle teorie e sul metodo della ricerca fisica, esposte nella prima Memoria Elettromagnetica del 1855 e poi riprese, in varie occasioni, negli scritti successivi. Esse riguardano principalmente l'affermazione della possibilità di una pluralità di teorie « provvisorie » dello stesso fenomeno e l'esigenza di una interpretazione modellistica, cioè meccanica, delle teorie fisiche. Mentre questo secondo aspetto, che non fu d'altra parte sempre ugualmente presente al pensiero maxwelliano, è nella Fisica moderna abbandonato in favore di una accezione più larga del concetto di « modello teorico », la pluralità delle teorie sembra oggi rappresentare un'acquisizione definitiva del pensiero fisico. Si riportano al proposito alcuni passi del Poincarè in cui viene riconosciuto questo contributo di Maxwell all'evoluzione del pensiero fisico ottocentesco.

I.

Maxwell scrisse la prima Memoria sull'Elettromagnetismo, « On Faraday's Lines of Force »[1], nel 1855, all'età di ventitré anni, al termine del corso di studi universitari al Trinity College di Cambridge (gli « undergraduate courses » tuttora in vigore nella tradizione scolastica anglosassone).

Trattandosi quindi di un'opera giovanile si può avere qualche perplessità sul peso da attribuirle, nei confronti di lavori più maturi, in una valutazione complessiva del pensiero scientifico del suo autore. Occorre però tener presente che in tutti gli scritti e le opere successive il pensiero di Maxwell si sviluppa nella direttrice delle idee espresse in questo suo primo lavoro. Più in particolare, la seconda Memoria Elettromagnetica[2] « On Physical Lines of Force » del 1861, nella quale appare per la prima volta una teoria «completa» del Campo Elettromagnetico, (e, contemporaneamente, il primo accenno alla teoria Elettromagnetica della Luce), viene considerata dallo stesso autore un completamento delle teorie presentate nella prima Memoria. Se è vero poi che negli scritti scientifici del periodo centrale della sua attività (1862/1870), non si trovano più le idee espresse nelle prime

[1] La Memoria è pubblicata su « Transactions of the Cambridge Philosophical Society », Vol. X, Part. I. In quel che segue farò riferimento per tutte le citazioni all'edizione completa delle opere di Maxwell: « *The Scientific Papers of J. C. Maxwell* », in due volumi, Dover Publications, Inc. New York, 1950 circa, ristampa sull'edizione di W. D. Niven, Cambridge 1890. La Memoria è pubblicata a pag. 155 Vol. I.

[2] « On Physical Lines of Force ». Op. cit. Vol. I, pag. 451.

Memorie Elettromagnetiche, almeno nella loro formulazione esplicita, vi è un deciso ritorno ad esse negli scritti[1] dell'ultimo periodo (1870/79) specialmente in seguito alla nomina a Cambridge nel 1870, per l'insegnamento di Heat, Electricity and Magnetism,[2] e con l'incarico di curare la fondazione del Laboratorio Cavendish. È interessante notare che alcune di queste idee trovarono attuazione in occasione della Riforma dell'Insegnamento Scientifico che ebbe luogo a Cambridge nel 1873, contemporaneamente alla apertura del Laboratorio[3].

Le idee sul metodo espresse nella I Memoria Elettromagnetica rappresentano quindi un tema di fondo di tutto lo sviluppo del pensiero scientifico di Maxwell. In contrasto con questa osservazione si può constatare che la maggior parte degli studiosi più recenti di Maxwell trascura quasi completamente questo aspetto della sua opera. Sembra che essi preferiscano soffermarsi prevalentemente sui contributi più specifici allo sviluppo dei concetti dell'elettromagnetismo passando sotto silenzio o ignorando lo sfondo di pensiero su cui tali contributi si svilupparono.

La parte metodologica della I Memoria è infatti passata quasi inosservata nell'opera di M. P. Duhem, per altro così accurata nell'analisi dei concetti e delle teorie del fisico ottocentesco[4]. Né vi è cenno ad esse nella classica opera di Whittaker, Histories of the Theory of Aether and Electricity[5]. L. Rosenfeld in un recente saggio sullo sviluppo dell'elettromagnetismo e della relatività[6] considera come contributo rilevante, dato da Maxwell in questa Memoria, soltanto la formulazione locale della legge del campo elettrico indotto; aggiunge però che la Memoria rappresenta « one of the great papers of Maxwell which remain as unsurpassed models of elegant exposition and of beatifully simple and clear scientific English », e ne consiglia la lettura « to every young physicist with any ambition to colture »[7].

La prima e la seconda Memoria non sono state esaminate, almeno sino ad ora e per quanto mi risulta, nella diligente interpretazione in termini moderni della teoria elettromagnetica di Maxwell, svolta da A. M. Bork[8]. Le idee di Maxwell sul metodo furono tenute invece in

[1] Specialmente: Op. cit. Vol. II, pag. 218, 220, 228, 304, 305, 317, 318, 358, 402, 488.
[2] Op. cit. Vol. II, pag. 241, « Introductory Lectures on Experimental Physics ». Lezione introduttiva al Cavendish Laboratory.
[3] Op. cit., « Preface », pag. XVII.
[4] M. P. DUHEM, « *Les théories électriques de J. Clerk Maxwell* », Etude Historique et Critique. Hermann Paris, 1902.
[5] E. WHITTAKER « *A History of the Theories of Aether and Electricity* ». 2 Vol. Nelson and Sons. London, 1951, I Vol., pag. 242.
[6] L. ROSENFELD, « *The velocity of light and the evolution of Electrodynamics* ». Supplemento al Vol. IV Serie X del Nuovo Cimento N. 5, 1956.
[7] L. ROSENFELD, Op. cit. pag. 1653 e nota.
[8] A. M. BORK, *Maxwell and the Electromagnetic Wave Equation*, American Journal of Physics 35, (1967) 844.

Soltanto quando questo scritto era già alle stampe ho potuto leggere un articolo di J. Turner ("The British Journal for the Philosophy of Science" *4* (1955) 226), che prende in considerazione alcuni aspetti importanti della 1ª Memoria.

grande considerazione dal Poincaré, che specialmente nella introduzione alle sue lezioni sull'Elettricità e sull'Ottica[1] pone in risalto l'originalità dello scienziato inglese nei confronti del pensiero dei fisici-matematici.

Fra gli studiosi recenti di filosofia della scienza, M. B. Hesse ha tratto ispirazione anche da questi aspetti dell'opera del Nostro nella formulazione di una caratteristica tesi metodologica sulla « intelligibilità » delle teorie scientifiche su cui tornerò fra qualche pagina[2]. A. F. Mott suggerisce che i primi a sbarazzarsi della incomoda filosofia scientifica maxwelliana furono proprio i contemporanei e immediati successori di Maxwell ai quali spettò il compito di continuare ad edificare la « scuola inglese di fisica sperimentale »[3].

H. Hertz inserì poi la teoria elettromagnetica di Maxwell nell'ambito della filosofia scientifica della scuola di Helmholtz, e per quanto si riferiva alle idee nel cui ambito la teoria era sorta, le considerò come « costruzione provvisoria » o « impalcatura », destinata a essere dimenticata una volta che l'edifizio principale, che era per lui costituito dalle famose equazioni, fosse arrivato alla sua forma definitiva.

Dato l'interesse che proprio queste costruzioni « provvisorie » presentano all'indagine storica, ho preso in esame in questo scritto le idee sul metodo esposte nella I Memoria, cercando di individuare il loro rapporto con le nuove concezioni teoriche dell'elettromagnetismo quali cominciano a manifestarsi in questo primo lavoro di Maxwell. Occorre qui dire che le linee del pensiero maxwelliano non sono sempre esposte in modo sistematico, sia nella presente come nelle opere successive, ma sono spesso intramezzate con gli sviluppi fisico-matematici - ciò rende più difficile l'esame del suo pensiero.

II.

Nelle prime pagine, che costituiscono una specie di introduzione filosofica alla parte più tecnica della Memoria, Maxwell intende caratterizzare un metodo fisico di ricerca come distinto da un metodo puramente matematico o fisico-matematico: Il « Filosofo naturale » posto di fronte alla complessità del nuovo campo di indagine fisica, quello dei fenomeni elettrici, deve proporsi consapevolmente il problema del metodo di ricerca. Maxwell ritiene necessario in definitiva trovare un metodo che consenta di ottenere « physical ideas without adopting a physical theory » (Mem. cit. pag. 156). Per comprendere

[1] H. POINCARÉ, *Electricité et Optique*. Leçons professées à la Sorbonne en 1888, 1890 et 1899. Carrè et Naud, Paris.

[2] M. B. HESSE, *Forces and Fields*. Nelson and Sons. London 1961. Pag. 22 e seg.

[3] « Ses successeurs.....fondèrent une école solide et pragmatique avec une confiance instinctive dans les particules, en tant qu'«objects matériels aussi tangibles que les balles de criket des terrains de jeu de leur pays, et avec méfiance envers les équations et les principes abstraits et par conséquent envers les idées que Maxwell avait défendues ». A. F. Mott, Maxwell 1831-1879. Discorso commemorativo.

il senso in cui adopera le parole « physical ideas » (o equivalentemente « physical conceptions »), possiamo riferirci ad alcuni esempi, riportati poco più sotto. Si tratta della famosa analogia ottico-meccanica: il percorso di un raggio di luce, al contorno fra due mezzi di diverso indice di rifrazione, è lo stesso di quello di una particella materiale « moving through a narrow space in which intense forces act ». Le leggi matematiche del moto sono le stesse e su ciò si fonda una « physical theory of light ». Quest'ultima però non è, negli intendimenti di Maxwell, una vera teoria fisica, « a true explanation », ma una « physical conception » assunta troppo presto da alcuni, nel passato, al ruolo di « physical theory ».

> « *This analogy, which extends only to the direction and not to the velocity of motion, has long believed to be the true explanation of the refraction of light: and we still find it usefull in the solution of certain problems in which we employ it without danger, as an artificial method* ». (Ibid. pag. 156).

Il significato della posizione maxwelliana comincia quindi a chiarirsi: occorre guardarsi dall'assumere troppo presto una « ipotesi » al ruolo di « teoria fisica » dallo « adottare » una « ipotesi fisica ».

> « *If ... we adopt a physical hypothesis we see the phenomena only through a medium and are liable to that blindness to facts and rushness in assumption which a partial explanation encourages* ». (Ibid. pag. 155-156).

Proprio per evitare di frapporre fra i fenomeni nella loro immediatezza e la « vera » teoria fisica quello « schermo » di una « partial explanation », che è conseguenza della adozione prematura di una ipotesi al ruolo di teoria fisica, la scuola francese, mezzo secolo prima, specialmente con Laplace ed Ampère[1], era ricorsa ad una formulazione puramente matematica delle leggi fisiche. Ma non è questa ovviamente la soluzione proposta da Maxwell. Egli menziona, in varii punti della Memoria, gli inconvenienti di tale metodo:

> « ... *Mere symbols ..... neither convey the same*[2] *ideas, nor readily adapt themselves to the phenomena to be explained.....* ». (Ibid. pag. 187) ».

Il fatto è che, affidando la sintesi di un fenomeno fisico ad una formula matematica,

> « *we entirely lose sight of the phenomena to be explained, and though we may trace out the consequences of given laws, we can never obtain more extended views of the connexions of the subject* ». (Ibid. pag. 156) ».

[1] Vedasi ad es.: WHITTAKER, op. cit. Vol. I, pag. 128 e seg.

[2] «... The same ideas» .... nel senso: «... le stesse idee che sono associate alle «physical conceptions ».

Il senso più importante della frase sopra riportata mi sembra, anche in relazione a quanto dirò in seguito, che le deduzioni puramente formali da una legge matematica sono incapaci di allargare la nostra comprensione dei nessi causali dei fenomeni[1]. L'esistenza di questa correlazione fra « physical conceptions » e « causal connexions » è uno dei motivi ricorrenti in questo stadio del pensiero del Nostro ed è strettamente legato a quello della funzione metodologica della analogie « fisiche »: il modo più opportuno per ottenere « clear physical conceptions » o « physical ideas » è quello di fare ricorso alle analogie fisiche:

> « *In order to obtain physical ideas without adopting a physical theory we must make ourselves familiar with the existence of physical analogies. By a physical analogy I mean that partial similarity between the laws of one science and those of another which makes each of them illustrate the other* ». (Ibid. pag. 156).

Definendo l'analogia come « partial similarity between *the laws* of one science and those of another », Maxwell si riferisce alle analogie cosiddette formali fra leggi di campi diversi della fisica, quali ad es. la ben nota analogia di W. Thompson fra la legge di propagazione del calore e quella elettrostatica[2]. Ma che il concetto di Maxwell di analogia sia ancora più generale è chiaro dal seguito del passo precedente:

> « .... *all the mathematical sciences are founded on relations between physical laws and laws of numbers so that the aim of exact science is to reduce the problems of nature to the determination of quantities by operations with numbers. Passing from the most universal of all analogies to a very partial one, we find the same resemblance in mathematical form between two different phenomena giving rise to a physical theory of light* ». (Ibid. pag. 156).

Vi è quindi una gerarchia nelle analogie, per cui si va dalle più generali, che permettono la formulazione matematica di leggi fenomeniche - ogni legge rappresenta come si direbbe oggi un modello matematico del fenomeno (« all the mathematicae sciences are founded »... etc.) - a quelle più particolari, quali quelle « meccaniche » fra raggi di luce e particelle materiali. Queste ultime sono più limitate - si noti l'uso di « partial » - ma forse più efficaci nel suggerire « physical conceptions ». Quando l'analogia resta sul piano formale, « stripped of its physical dress », come dice alla stessa pag. 156, essa è poco efficace per la ricerca, « deficient both in the vividness of its conceptions and the fertility of its methods ». (A proposito della teoria elastica dell'ottica!) (Ibid. pag. 156). Quando viene trovata un'analogia fra la

[1] Mi sembra che da tutto il contesto risulti abbastanza chiaramente che « connexions », vada interpretato come « nessi causali ».

[2] Si tratta della ben nota analogia formale che consiste nell'annullarsi della « Laplaciana » della temperatura e del potenziale, rispettivamente. Ve ne è un accenno anche a pag. 172 della Memoria in oggetto.

legge di un fenomeno in un campo nuovo della fisica, ad es. in elettricità, ed una legge di un campo già noto, ad es. la meccanica, allora la nuova legge viene presentata, come dirà fra poco, « in an embodied form », in una forma cioè in cui i contenuti fisici siano evidenti.

È questo in definitiva il compito di Maxwell in questa prima Memoria: Faraday aveva dato una interpretazione[1] dei fenomeni elettrostatici e delle correnti continue che si prestava ad essere posta in forma matematica. Le analogie formali fra leggi elettriche e leggi idrodinamiche sono allora evidenti, ed è così che le grandezze elettriche « prendono corpo », si riempiono di contenuti fisici:

> « *In this outline of Faraday's electrical theories, as they appear from a mathematical point of view... my aim has been to present the mathematical ideas to the mind in an embodied form, as systems of lines or surfaces, and not as mere symbols, which neither convey the same ideas, not readily adapt themselves to the phenomena to be explained* ». (Ibid. pag. 187).

Il procedimento euristico di Maxwell, qual'è delineato nella prima Memoria, può essere esemplificato in definitiva nei seguenti punti:

A) Matematizzazione ed elaborazione matematica delle leggi scoperte da Faraday; come risultato, dato il carattere stesso delle concezioni faradiane, le relazioni matematiche così trovate risultano « embodied », incorporate, in grandezze fisiche (meccaniche). Ad es. i vettori induzione elettrica e magnetica hanno il contenuto fisico di quantità di flusso.

B) Utilizzazione delle analogie formali fra le leggi trovate mediante (A) in modo che « these mathematical connexions may suggest to physicist the means of extablishing physical connexions[2] ».

A commento di quanto sopra, leggasi il passo:

> « *In the following investigation, therefore, the laws established by Faraday will be assumed as true, and it will be shown that by following out his speculations other and more general laws can be deduced from them.*
> *If it should then appear that these laws, originally devised to include one set of phenomena, may be generalized so as to extend*

[1] M. FARADAY, « *Experimental Researches* », § 3,269 (1852). A proposito del carattere « matematico » delle idee di Faraday vedasi anche lo scritto di Maxwell databile circa 1873, in « Maxwell Sc. Pap. » op. cit. Vol. II, pag. 356, da cui riporto il seguente passo « ... Faraday's lines of force occupy the same position in electro-magnetic science that pencils of lines do in the geometry of position. They furnish a method of building up an exact mental image of the thing we are reasoning about... for the advance of exact sciences depends upon the discovery and development of appropriate and exact ideas, by means of which we way form a mental representation of the facts, sufficiently general, on the one end, to stand for any particular case, and sufficiently exact on the other, to warrant the deductions we may drawn from them by the application of math. reasoning ».

[2] Nel caso presente « il modello » idrodinamico dovette suggerire o per lo meno facilitare a Maxwell il procedimento per il calcolo della densità di energia nella « teoria di campo », come può dedursi anche dall'osservazione riportata nella Memoria a pag. 196, alla fine del Teorema III.

to phenomena of a different class, these mathematical connexions may suggest to physicists the means of extablishing physical connexions; and thus mere speculation may be turned to account in experimental science ». (Ibid. pag. 189).

Le leggi matematiche fisicamente interpretate, le « physical conceptions », suggeriscono « physical connexions », cioè proposizioni di dipendenza causale verificabili o falsificabili mediante l'esperimento.

III.

Ma le « concezioni fisiche » dei fenomeni permettono di formulare soltanto « temporary theories », teorie provvisorie. Per valorizzare quindi questa nuova concezione della teoria fisica occorreva aver superato il preconcetto che la meccanica, più precisamente la formulazione di Newton-Laplace, costituisse la « teoria per eccellenza », in quanto tale necessariamente vera e definitiva. Un accenno alla diversa prospettiva, anche psicologica, in cui veniva posta la Meccanica Newtoniana, può cogliersi nella sottile analisi, fatta da Maxwell, dell'atteggiamento di Faraday:

« ... *though he (Faraday) had a profound respect for the great discovery of Newton, he regarded the attraction of gravitation as a sort of sacred mistery, which, as he was not an astronomer, he had no right to gainsay or to doubt, his duty being to believe it in the exact form in which it was delivered to him. Such a death faith was not likely to lead him to explain new phenomena by means of direct attraction*[1] ».

Nel pensiero di Maxwell la « temporary theory » comincia ad avanzare ora timidamente i suoi diritti:

« ... *The chief merit of a temporary theory is that is shall guide experiments, without impeding the progress of a true theory when it appears...* ». (Ibid. pag. 208).

Maxwell, in questo stadio del suo pensiero, crede che si debba arrivare alla fine alla « true theory », cioè all'inverarsi delle « physical conceptions ». Ma il tempo in cui una « physical conception » raggiungerà lo « status » di « true physical theory » resta ovviamente largamente indeterminato! Ed in questo interludio, quasi in un « limbo », in attesa di una pretesa conoscenza scientifica « assoluta », tutto l'interesse del ricercatore è volto alle prime, alle « physical conceptions » cioè, alla loro fecondità nel suggerire « physical connexions », che possano a loro volta essere di guida nella sperimentazione.

Sotto questo aspetto le idee di Maxwell rappresentano, come di-

[1] MAXWELL, « *On Action at a Distance* » Sc. Pap. op. cit. Vol. II, pag. 318.

cevo prima, una svolta nel pensiero scientifico rispetto alla prima metà dell'ottocento. Quale differenza, ad es., con l'atteggiamento metodologico di un Cauchy che per venti anni lavorò su una « teoria elastica » dell'ottica, forzandola, invano, a dare una risposta conforme ai risultati sperimentali, nella convinzione che « condizioni al contorno » del tipo elastico fossero necessariamente le vere e definitive, per interpretare i fenomeni ottici[1].

Per Maxwell, le analogie fisiche che, senza la cautela metodologica, possono fare incorrere, come è già avvenuto nel passato, in « teorie premature » ed ostacolare così lo sviluppo della ricerca, rappresentano fonti di « physical ideas », una volta raggiunta la consapevolezza della loro funzione nella costruzione della teoria fisica. Uno stesso fenomeno può di conseguenza essere inquadrato da diverse « concezioni fisiche », vi possono essere quindi varie teorie - se pure provvisorie - dello stesso fenomeno:

> « ... *it is a good thing to have two ways of looking at a subject, and to admit that there are two ways of looking at it...* ». (Ibid. pag. 208).

Il pensiero di Maxwell comincia così ad affacciarsi, a metà ottocento, se pure con non piena consapevolezza, a quell'importante concezione metodologica delle pluralità delle teorie che soltanto in seguito ai successi della Fisica Moderna ha avuto oggi pieno riconoscimento. Occorre aspettare la fine dell'ottocento perché questo importante contributo abbia pieno riconoscimento, e ciò avviene in Francia con H. Poincaré. Nella introduzione a « Electricité et Optique », egli caratterizza con grande acutezza questo aspetto del pensiero del Nostro. Tanto per citare alcune frasi di questo interessante scritto che meriterebbe un commento più adeguato[2]:

> « ... *En ouvrant Maxwell, un Français s'attend à y trouver un ensamble théorique aussi logique et aussi précis que l'Optique Physique fondée sur l'hypothèse de l'ether; il se prépare ainsi une déception que je voudrais éviter au lecteur en l'avertissant tout de suite de ce qu'il doit chercher dans Maxwell et de ce qu'il n'y saurait trouver* ».
>
> *Maxwell ne donne pas une explication mécanique de l'électricité et du magnétism; il se borne à demonstrer que cette explication est possible..... les savant anglais ne cherche pas à construire un edifice unique, definitif et bien ordonné, il semble plutôt qu'il élève un grand nombre de construction provisoire et indépendantes, entre lesquelles les communications sont difficiles et quelquefois impossibles...*
>
> *Deux théories contradictoires peuvent en effet, pourvu qu'on ne*

[1] Per le ricerche di Cauchy, vedasi ad es., WHITTAKER op. cit. Vol. I, pag. 134 e seg.
[2] H. POINCARÉ, op. cit. Introduction, pag. IV e seg.

les mèle pas, et qu'on n'y cherche pas le fond des choses, être toutes deux d'utiles instruments de recherches, et peut-être la lecture de Maxwell serait-elle moins suggestive s'il ne nous avait pas ouvert tant de voies nouvelles divergentes ».

E conclude affermando che il lettore, reso pensieroso da questi nuovi metodi, «finit par comprendre ce qu'il y avait souvent d'un peu artificiel dans les ensembles théoriques qu'il admirait autrefois ». Il riferimento al superamento dei metodi della fisica-matematica è evidente e non poteva essere più efficacemente espresso da uno scienziato che rappresentava uno dei più illustri discendenti di questa tradizione![1].

IV.

Alla pluralità delle « physical conceptions » sembra infine contrastare nel pensiero maxwelliano, l'idea di una « unità delle cause dei fenomeni ». In questa Memoria essa viene ricercata nel campo dell'elettromagnetismo, ma basterebbe pensare alla successiva teoria elettromagnetica della luce per comprendere la portata della nuova tendenza unificatrice.

Dal punto di vista della unificazione teorica il risultato più importante conseguito negli anni precedenti doveva essere la teoria del potenziale elettrico di Kirchhoff[2]; essa permetteva di spiegare in modo unitario i fenomeni elettrostatici e quelli delle correnti, detti allora « galvanici », fenomeni di cui per lungo tempo non era stata vista chiaramente né elaborata teoricamente la connessione. Dopo la teoria di Kirchhoff, per Maxwell,

« *the electrical tension is found to be physically identical with the potential in statical electricity, and we have the means of connecting the two sets of phenomena* ». (Ibid. pag. 181).

Non esisteva invece ancora, con l'eccezione della teoria di Weber - che viene citata alla fine della parte teorica della Memoria[3] - una teoria unitaria dell'« elettromagnetismo », (capitolo che, per Maxwell, comprendeva principalmente il fenomeno di induzione elettromagnetica scoperto da Faraday nel 1831) e non se ne vedeva, per il momento, la strada. Sembrava quindi che l'indagine teorica attraversasse un momento difficile:

[1] Per contro Duhem critica questo aspetto del metodo Maxwelliano, ad es.: (DUHEM, op. cit. pag. 13): « ... Nous sommes de ceux qui ne peuvent prendre leur parti de la contradiction.... ». La contraddizione è quella fra le due teorie cosidette della I e II Elettrostatica Maxwelliana.

[2] KIRCHHOFF, Ann. de Chim. XLI, 946 (citato da Maxwell nella Memoria in oggetto).

[3] MAXWELL, Sc. Pap. op. cit. pag. 208. « From these axioms are deducible Ampere's laws of the attraction of conductors, and those of Neumann and others, for the induction of currents.... ».
Gli assiomi esposti da Maxwell nelle righe precedenti a quelle citate si riferiscono alle cosidette leggi di Weber. Maxwell pur ammettendo l'esistenza di una teoria fisica unitaria, quella appunto di Weber, non sembra volergli riconoscere un grande credito (Ibid. pag. 208). Si può comprendere come nella teoria di Weber egli vedesse soltanto « mere symbols ».

« *The present state of electrical science seems peculiarly unfavourable to speculations* ». (Ibid. pag. 155).
Ma ecco il tema unitario:
« *No electrical theory can now be put forth, unless it shews the connexion not only between electricity at rest and current electricity but between the attractions and inductive effects of electricity in both states* ». (Ibid. pag. 156).

La prima parte, cioè « the connexion... between electricity at rest and current electricity » era stata trovata nella teoria, già menzionata, del potenziale di Kirchhoff[1]. La soluzione del problema di trovare una « connexion », cioè un « nesso causale » anche per le forze agenti fra cariche e quelle agenti fra correnti ed inoltre, per gli « effetti induttivi » (induzione statica ed induzione elettromagnetica), sembra consistere in definitiva, per Maxwell, nella possibilità di trovare una « physical conception » del fenomeno; a questo scopo la sua attenzione si concentrerà in questa Memoria su quella grandezza che fu chiamata in seguito il « potenziale vettore », che si può mettere infatti in relazione sia con il campo elettrico indotto, sia, attraverso il vettore induzione magnetica, con le forze di Ampère, agenti tra correnti[2].

In questa ricerca Maxwell conferma quindi la sua idea guida, che, per trovare una teoria unitaria, occorra partire dalla premessa metodologica che una « connessione causale » sia individuabile soltanto attraverso una « concezione fisica » dei fenomeni[3]. Concezione fisica che non diventi però una « physical theory ». Questo equilibrio precario e difficile della ricerca fisica è sintetizzato dalla bellissima frase:

« ... *We must therefore discover some method of investigation which allows the mind at every step to lay hold of a clear physical conception, without being committed to any theory founded on the physical science from which that conception is borrowed, so that it is neither drawn aside from the subject in pursuit of analytical subtleties, nor carried beyond the truth by a favourite hypothesis* ». (Ibid. pag. 156).

Per finire, alcune brevi considerazioni sull'attualità delle idee di Maxwell.
Come ho accennato precedentemente, la tematica Maxwelliana è stata ripresa recentemente da M. B. Hesse. Interpretando l'esigenza di « physical conceptions », in senso moderno, come esigenza di « rappresentazione modellistica » di una teoria, in ogni teoria la Hesse di-

[1] Coerentemente alle idee espresse in questa Memoria - Maxwell riesce a comprendere l'identità fra « electrical tension » e « potential in statical electricity », solo in termini modellistici, alla Faraday, supponendo che anche nei dielettrici la conducibilità sia piccola ma non nulla (1° Elettrostatica di Maxwell), in modo che le linee di forza sieno anche qui linee di flusso. « ... the difference between glass and metal is that the resistance is a great but finite quantity in glass, and a small but finite quantity in metal ... (Ibid. pag. 181) ».
[2] Mem. cit. pag. 204.
[3] Mem. cit. pag. 156.

stingue le caratteristiche di « testability » da quelle di « intelligibility ». Mentre la prima, cioè la possibilità di verifica sperimentale, è ritenuta indipendente dalla sua « rappresentabilità mediante modelli », la seconda è fatta coincidere con « the property of theories of embodying models so that they are rendered meaningful and can be tested and extended »[1].

In direzione opposta alla precedente si muove la tendenza, particolarmente connessa a problemi di fisica moderna, di svincolare la teoria, e le enunciazioni di connessioni causali, da ogni rappresentazione modellistica. Secondo queste concezioni:

> « *Theoretical statements derive their meaning only from their place in a formal hypothetical deductive system in which some of the conclusions can be translated into phenomenal statements.....* »[2].

Un esponente contemporaneo di questa seconda tendenza, J. Hilgevoord[3], ritiene di poter fondare un giudizio di causalità soltanto su due condizioni formali: 1) Possibilità di localizzare e distinguere la causa dell'affetto nello spazio-tempo. 2) Condizione di « interazione locale », cioè condizione per cui la causa e l'effetto siano « a contatto » nello spazio-tempo. La seconda condizione, che sta alla base delle « teorie di campo », epigoni della teoria di Maxwell, non è ritenuta però altrettanto fondamentale della prima.

Roma, Università, Istituto di Fisica.

S. D'AGOSTINO

[1] M. B. HESSE, op. cit. pag. 23.

[2] CAMPBELL, « *Physics, the elements* », Cambridge, 1920, pag. 123.

[3] J. HILGEVOORD, « *Dispersion Relations and Causal Description, an Introduction to Dispersion Relation in Field Theory* », North-Holland Pub. Co., Amsterdam, 1960.

SCIENTIFIC WORLD

JOURNAL OF THE WORLD FEDERATION OF SCIENTIFIC WORKERS PUBLISHED IN ALTERNATE MONTHS IN ENGLISH, FRENCH, GERMAN, RUSSIAN, SPANISH, ARABIC AND CZECH ONE POUND PER YEAR

Scientists from all over the world write for this unique journal on a wide variety of subjects, including

- *outstanding new developments in science*
- *science and the developing countries*
- *the organization and planning of science*
- *problems of nuclear energy*
- *international co-operation in science*
- *the training of scientists and technologists*

IT IS PARTICULARLY CONCERNED WITH THE USE OF SCIENCE FOR THE BENEFIT OF MANKIND

Scientists and others interested are invited to write for a sample copy, or to subscribe £ 1 for an annual volume of 6 issues, post free, indicating which language. Subscriptions may be taken out through any bookseller, or directly from:

WORLD FEDERATION OF SCIENTIFIC WORKERS

40 GOODGE STREET, LONDON, W.1. (U.K.)

La Chimica e l'Industria

"Giornale di Chimica Industriale ed Applicata" — "L'Industria Chimica"

ORGANO UFFICIALE DELLA SOCIETÀ CHIMICA ITALIANA

Rivista mensile pubblicata dalla

Soc. p. Az. Editrice di Chimica
20121 Milano, Piazzale Rodolfo Morandi, 2

Contiene:

Memorie originali italiane;
Rassegna della produzione scientifica e tecnica;
Rassegna del movimento commerciale e industriale mondiale interessante i chimici;
Corrispondenze; Listino prezzi.

Prof. ALBERTO GIRELLI, Direttore

Direz. e Amm.: Milano - P.le Rodolfo Morandi, 2
Redazione: 20121 Milano - P.le Rodolfo Morandi, 2
00198 Roma - Viale Liegi, 48

Abbonamento annuo per il 1968:
Italia: L. 13.500
Estero: Europa L. 16.000; Altri Paesi L. 17000
Numero separato: Italia: L. 1.350
Estero: Europa L. 1.600; Altri Paesi L. 1.700

BOLLETTINO DI GEODESIA E SCIENZE AFFINI

RIVISTA SCIENTIFICA E TECNICA DELL'ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE
TRIMESTRALE

Pubblica articoli e memorie su argomenti di geodesia, cartografia, fotogrammetria topografia, ottica, radar. — Intorno a queste discipline: segnala e recensisce opere ed articoli di periodici nazionali ed esteri; fornisce resoconti su congressi, conferenze e convegni; dà notizie dell'attività nel campo delle ricerche ed in quello sperimentale; risponde ai quesiti posti dagli abbonati.

PREZZI E CONDIZIONI DI ABBONAMENTO

ITALIA . . . . . L. 2.400
Abbonamento cumulativo con la Rivista «L'Universo» . . . L. 4.500

ESTERO . . . . . L. 4.600
Abbonamento cumulativo con la Rivista «L'Universo» . . . L. 9.000

Un fascicolo arretrato *(se disponibile)*
Italia L. 1.000
Estero L. 1.300

L'importo degli abbonamenti o fascicoli arretrati dovrà essere inviato anticipatamente all'**ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE** - Via C. Battisti 10, - 50122 Firenze (Italia), a mezzo versamento sul Conto Corrente Postale n. 5/5393.

ORGANE DE L'I.E.G.S.P.

Association de communes groupant le dixième de la population belge

●

LA REVUE DES SERVICES PUBLICS

grâce à ses éminents collaborateurs des mondes administratif, technique et juridique, est une source inépuisable de renseignements concernant la vie, l'organisation et les possibilités des services publics.

●

Abonnement annuel (4 nos) - Frs belges 85

Rédaction: 2, RUE D'ORLÉANS
CHARLEROI (BELGIQUE)
Chèques Postaux 479.58 - Tél. Charleroi 32.22.89

RECENSIONI - COMPTES RENDUS - BOOK REVIEWS BUCHBESPRECHUNGEN - ANALISIS DE OBRAS

R. Campbell. - *La cinématique.* Un vol. in-16 (de la collection « *Que sais-je* »?, N. 1204), de 128 pages, avec 52 figures. Presses Universitaires de France, Paris, 1966. Prix, broché, 3 F.

Dans ce petit ouvrage l'Auteur expose les principes et les théorèmes de la Cinématique pour ce qui concerne tant le point matériel que les corps solides. Plusieurs cas particuliers y sont traités et dans le dernier chapitre on donne des idées et des formules de cinématique relativiste. L'exposition est rigoureuse et l'Auteur suppose que le lecteur a une bonne connaissance du calcul différentiel et vectoriel.

* * *

C. Lanczos. - *The Variational Principles of Mechanics.* Third Edition. A vol. in-8 (*Mathematical Expositions*, No. 4), of XXVI-376 pages, with 22 figures. University of Toronto Press, Toronto, 1966. Price, bound, Doll. U.S.A. 7,50.

Les principes variationels de la mécanique ont reçu au XVIIIe siècle une interpretation qu'on peut appeler mystique, car on croyait que le phénomènes naturels s'écoulaient de façon telle à réaliser le « but » de minimiser une certaine grandeur physique. Aujourd'hui, la description usuelle de la physique fait intervenir une « causalité » plutôt qu'un « but », mais le rôle des principes variationnels n'est pas moins important, car ils constituent une manière très élégante, et quelque fois non remplaçable, de poser les problèmes de la mécanique. Ces considérations (surtout la dernière) font partie de la matière traitée par Mr. Lanczos. L'exposition se développe avec les successives énonciations des principes des travaux virtuels, de D'Alembert, de Gauss, de Hamilton, de Hertz, de Jacobi, ce qui correspond, à peu près, au développement historique du formalisme canonique. Mais la caractéristique la plus importante de cet ouvrage est que l'A. a tâché de faire ressortir toute l'étendue, toute la profondeur et toute la beauté de cette matière qui très souvent se trouve exposée d'une façon parfaite du point de vue mathématique, mais fort obscure pour ce qui regarde l'intuition. Le formalisme canonique est aussi analysé dans ses relations avec les théories relativistes et quantiques.

Firenze, Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

G. Calamai

P. MARTIN. - *Applications de l'algèbre et de l'analyse à la géométrie.* M.P. et Spéciales AA'. Un vol. in-8 (de la série « *Mathématiques* »), de 590 pages, avec 73 figures. Librairie Armand Colin, Paris, 1967. Sans indication de prix.

Le livre est divisé en deux parties: la première concerne les applications géométriques de l'algèbre linéaire et la seconde les applications géométriques de l'analyse. Il est destiné aux étudiants de mathématiques générales et spéciales, ce qui correspond, en traduisant sur notre plan scolaire, aux premières deux années des écoles d'ingénieurs et de mathématique-physique. L'étude est conduite selon les orientations les plus modernes et est développée, dans l'intention de l'Auteur, pour la clarification d'hypothèses utilisées, mais souvent non formulées par les exposeurs, et d'arguments intuitifs souvent non suivis par des justifications rigoureuses. Le livre se présente riche en idées, spécialement dans la seconde partie où trouvent place les concepts les plus élevés concernant les courbes algébriques et unicursales, l'étude des surfaces, les transformations de contact et la détermination de courbes définies par des équations différentielles.

Plus de 750 exercices et problèmes en partie développés, mais le plus souvent proposés, enrichissent le texte de ce beau livre dont la lecture, en plus qu'aux étudiants, est à conseiller également aux enseignants qui davantage pourront apprécier les desseins subtils de l'Auteur.

Brescia, Servizio Studi S.S.E.

F. VOLTOLINI

R. MICHARD. - *Le Soleil.* Un vol. in-16 (de la collection « *Que sais-je* »?), de 128 pages, avec 16 figures. Presses Universitaires de France, Paris, 1966. Prix, broché, 2,50 F.

A. BOISCHOT. - *Le Soleil et la Terre.* Un vol. in-16 (de la collection « *Que sais-je* »?), de 128 pages, avec 29 figures et III tableaux. Presses Universitaires de France, Paris, 1966. Prix, broché, 2,50 F.

Ces deux volumes de vulgarisation scientifique, écrits par deux physiciens solaires français éminents, traitent du même sujet (le Soleil), vu cependant sous deux aspects différents et qui toutefois s'intègrent.

Dans le premier, R. Michard expose d'une manière élémentaire les résultats obtenus actuellement par l'astrophysique dans la connaissance du Soleil, prenant en examen tous les aspects et phénomènes que le Soleil présente. Après une brève introduction, dans laquelle il décrit schématiquement l'étoile Soleil, les méthodes de la physique moderne solaire et les principaux instruments pour la recherche solaire, il en vient à illustrer les principales caractéristiques de la photosphère, de la chromosphère et de la couronne. Le livre se poursuit par la description des structures fines de l'atmosphère solaire et des centres

d'activité solaire et se termine sur quelques mentions au cycle de onze ans d'activité et à la structure interne du Soleil.

Dans le second volume, A. Boischot illustre, au contraire, les rapports et les phénomènes Soleil-Terre. Dans la première partie, il présente brièvement les deux protagonistes (l'étoile Soleil et la planète Terre,) alors que dans la seconde partie il parle des effets terrestres des diverses manifestations de l'activité solaire, en partant des effets dans la basse atmosphère terrestre pour en arriver aux phénomènes « spatiaux », comme, par exemple, la modulation des rayons cosmiques.

Tous les deux volumes qui s'adressent à un vaste public de non-spécialistes et souvent sans même une connaissance des problèmes scientifiques fondamentaux, sont écrits d'une manière très simple, je dirai élémentaire, sans avoir recours à des formules mathématiques et à des expressions exquisement techniques, mais en conservant toutefois intacte l'exactitude scientifique du contenu. Ils ont en outre le mérite d'être à jour, en rapportant également les résultats des recherches effectuées en 1965.

Firenze, Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

R. Falciani

***. - *Les problèmes météorologiques de la stratosphère et de la mésosphère.* Colloque Franco-Belge sous la présidence de M. Nicolet (Paris 8-12 Mars 1965). Un vol. in-8 (*Publications du Centre National d'Etudes Spatiales*), de XII-474 pages, avec nombreuses figures. Presses Universitaires de France, Paris, 1966. Prix, broché, 48 F.

Ce livre est le fruit d'un colloque organisé (mars 1965) par le CNES (Centre National français d'Etudes Spatiales) en collaboration avec l'Institut belge d'Aéronomie spatiale dirigé par le Prof. M. Nicolet. On doit même justement au Prof. M. Nicolet la programmation scientifique du colloque lui-même.

Il s'agit donc d'un ouvrage pour spécialistes, lesquels ont déjà une préparation de base à propos de la physique de l'atmosphère. En effet, les auteurs des sujets séparés, qui ont été traités (une vingtaine environ) en présupposant une telle préparation tentent de « faire le point » de la situation et d'indiquer les problèmes ouverts à la recherche tant théorique qu'expérimentale.

L'énumération matérielle des sujets et des auteurs, encore que très utile pour la connaissance détaillée du livre, apparaîtrait excessivement longue en ce lieu. A propos des auteurs il suffira de dire qu'ils sont parmi les meilleurs spécialistes mondiaux; au sujet du contenu - en suivant le Prof. Nicolet - on peut grouper les sujets en trois sections:

a) phénomènes dynamiques de la stratosphère et de la mésosphère;

b) absorption du rayonnement solaire et mécanismes d'émission de la part de CO_2, H_2O et O_3;

c) le rôle de l'H_2O et de l'O_3 dans la physique de la stratosphère et de la mésosphère.

Les références bibliographiques à la fin de chaque article, plus ou moins complètes de fois en fois, constituent un mérite supplémentaire de l'ouvrage.

Firenze, Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

G. L. TAGLIAFERRI

H. A. KLEIN. - *Masers and Lasers.* A vol. in-8, of 184 pages, with many figures. George Allen & Unwin Ltd., London, 1967. Price, bound, sh. 28 in U.K.

Plaisant petit volume de vulgarisation avec lequel l'Auteur se propose d'expliquer au lecteur, qui n'est pas physicien de profession, les principes sur lesquels est basé le fonctionnement du Maser et du Laser et de l'informer sur les possibilités d'applications présentes et futures.

Les concepts fondamentaux qui permettent la compréhension de la nature et des propriétés de la lumière, du mécanisme d'émission des radiations électromagnétiques, de la stabilisation d'un système d'oscillations électromagnétiques stationnaires et d'extrême pureté et « cohérence » sont exposés sans le secours de formules mathématiques, en recourant à des illustrations expressives et de compréhension aisée.

A mon avis, ce petit volume peut être lu avec profit par quiconque désire comprendre le fonctionnment de ces nouveaux instruments destinés à avoir une application toujours plus vaste dans les domaines les plus différents de la technique moderne.

* * *

T. L. LOUCKS. - *Augmented Plane Wave Method.* A Guide to Performing Electronic Structure Calculations. A vol. in-8, of XIV-256 pages, with many figures and tables. W. A. Benjamin, Inc., New York, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 7,50.

Ce volume fait partie de la série « Frontiers in Physics » que la maison d'Edition Benjamin est en train de publier avec le dessein de tenir à jour les physiciens de profession dans les domaines d'actualité majeure. Il s'agit donc d'ouvrages destinés à ceux qui sont activement engagés dans la recherche scientifique et qui, par conséquent, exigent une bonne préparation de base. Le présent volume expose les principes sur lesquels est fondée l'ainsi dite méthode de l'onde plane augmentée (ou méthode APW), introduite par Slater dès 1937, et de nos jours largement utilisée par les spécialistes pour le calcul des propriétés électroniques et optiques des métaux. Après une limpide discussion théorique des principes de mécanique quantique sur lesquels la méthode se fonde, sont données les règles pratiques pour l'exécution des calculs jusqu'à parvenir à la présentation détaillée des programmes à employer dans les cal-

culateurs électroniques pour la résolution de problèmes concrets. Sont enfin rapportés les articles originaux dans lesquels la méthode a trouvé son application la plus significative.

Le volume est à conseiller aux chercheurs intéressés à l'étude de la physique de l'état solide.

Milano, Università degli Studi.

P. CALDIROLA

J. J. CHARETTE. - *An Introduction to the Theory of Molecular Structure.* A vol. in-8, of XII-188 pages, with many figures and tables. Reinhold Publishing Corporation, New York, 1966. Price, bound, Doll. U.S.A. 8,25.

Pour les étudiants en chimie la nécessité d'une base de connaissances, dans le domaine de la physique moléculaire moderne, est bien évidente. C'est d'ailleurs un problème didactique assez délicat celui de concilier cette connaissance avec le niveau usuel de la préparation mathématique.

L'Auteur y réussit d'une façon remarquable en aidant l'intuition de l'élève à franchir les difficultés parsemées dans tout ce domaine, et il parvient à être simple de même que raisonnablement complet.

Plusieurs appendices donnent des renseignements complémentaires utiles et bien choisis.

* * *

R. M. ROSE, L. A. SHEPARD and J. WULFF. - *Electronic Properties.* A vol. in-8 (Volume IV of the *Structure and Properties of Materials*), of XII-306 pages, with many figures and tables. John Wiley & Sons, Inc. London, 1966. Price, unbound, sh. 27.

Il s'agit du quatrième et dernier volume de cette collection d'étude des matériaux pour les ingénieurs et aussi pour les étudiants de sciences.

Les concepts généraux de la physique des solides: niveaux d'énergie; modèles aux différentes approximations; phénomènes d'émission d'électrons; propriétés thermiques; conduction électrique; semiconducteurs et leurs applications; thermoélectricité; magnétisme et matériaux magnétiques; superconducteurs; diélectriques; matériaux pour l'optique, sont présentés sous forme condensée, simple, efficace.

* * *

M. A. SAAD. - *Thermodynamics for Engineers.* A vol. in-8, of XIV-642 pages, with many figures and tables. Prentice-Hall, Inc., London, 1966. Price, bound, sh. 96.

BARLETTA
APPARECCHI SCIENTIFICI
20121 MILANO - Via Fiori Oscuri, 11
Telefoni 865.961 - 865.963 - 865.965

Apparecchi scientifici per analisi, controlli e ricerche nei campi della chimica, fisica, meccanica, elettronica, energia nucleare - Calcolatori elettronici analogici - Mobili moderni da laboratorio.

MAGNETI MARELLI
EQUIPAGGIAMENTI ELETTRICI E PNEUMATICI PER AUTO MOTO AVIO
RADIORICEVITORI
TELEVISORI
TELEVISIONE A CIRCUITO CHIUSO
ELETTROACUSTICA
COMPONENTI ELETTRONICI

FABBRICA ITALIANA MAGNETI MARELLI
1, VIALE ITALIA - SESTO S. G. (MILANO) ITALIA - C. P. 66 - TELEF. 24 70.091

OFFICINE GALILEO
50134 FIRENZE
Via C. Bini, 44

Pompe e apparecchiature per Alto Vuoto - Strumenti elettrici di misura da quadro, portatili e da laboratorio - Strumenti ottici, scientifici e per laboratorio - Strumenti topografici e fotogrammetrici.

TICOSA S.p.A.
VIA INNOCENZO XI, 70 - COMO

"DIVISIONE TESSUTI" Inustria comense per tintura, stampa e finissaggi tessili per conto terzi.

"DIVISIONE FILATI" Filati di fibre artificiali e sintetiche elasticizzati e testurizzati per maglieria e calzetteria.

NOVACETA
Società per Azioni
20121 MILANO - VIA CERNAIA, 8

Filato acetato - Silene

NISTRI OMI ROMA
Strumenti aerofotogrammetric - Strumenti di bordo per l'aeronavigazione e controllo motori - Impianti per l'ossigeno liquido e gassoso per uso aeronautico - Sistemi di navigazione autonoma - Apparecchiature ottico-meccaniche ed elettroniche - Contatori elettrici, monofase, trifase, speciali e di controllo - Tassametri - Parchimetri.

DUCATI ELETTROTECNICA MICROFARAD S. p. A.
40132 BOLOGNA - VIA M. E. LEPIDO, 178

Condensatori per radio TV ed elettronica - condensatori per rifasamento industriale - tuner VHF e UHF - relais - circuiti logici - volani magnete e alternatori.

olivetti
Macchine per scrivere - Addizionatrici
Calcolatori scriventi - Macchine contabili
Macchine per contabilità e statistica
Telescriventi - Schedari e classificatori
Mobili metallici - Macchine utensili di precisione

- **Coloranti**
- **Prodotti chimici**
- **Ausiliari per l'industria tessile**

ICI IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES (ITALIA) spa.
DIVISIONE SESACOLOR
VIA G. NEGRI, 10 MILANO - TELEX: 31282 ESACOLOR
TELEFONI 869.0361 e 869.0041 (10 linee)

CUCIRINI CANTONI COATS S.p.A.
Capitale L. 7.000.000.000
MILANO - Via Petrarca, 20

Filati cucirini per uso domestico e per uso industriale, sia di cotone che di seta e sintetici. Filati da ricamo. Filati per maglieria. Filati di lana per aguglieria.

"ERIDANIA" ZUCCHERIFICI NAZIONALI
SOCIETÀ PER AZIONI - CAPITALE SOCIALE LIT. 30.000.000.000 INT. VERSATO
SEDE IN GENOVA
CORSO A. PODESTÀ 2

Principali produzioni: zucchero, alcool, lievito per panificazione, lievito zootecnico, estratto di lievito, polpe secche comuni e melassate, polpe secche parzialmente esauste, mangimi, decalcinanti per pelli, semi di bietola zuccherina.

Le domaine de la thermodynamique générale et appliquée est présenté en donnant d'abord les concepts généraux et les méthodes macroscopiques; après ceux microscopiques et statistiques.

Le but est essentiellement celui des applications et les définitions que l'Auteur a le soin d'introduire sont choisies de façon à aider l'intuition rapide plutôt qu'à satisfaire la rigueur; assez souvent elles ne sont pas des véritables définitions; parfois elles sont incorrectes.

Lorsque la thermodynamique s'adresse aux ingénieurs, les unités de l'« English absolute system » parviennent à entraver la « communicabilité ».

Milano, Politecnico.

R. Piontelli

S. Barabaschi e R. Tasselli. - *Elementi di servomeccanismi e controlli.* Un vol. in-8, di xx-758 pagine, con numerose figure e tavole fuori testo. Zanichelli Editore, Bologna, 1965. Prezzo, non rilegato, L. 4.200.

Les servomécanismes et les contrôles constituent la base technique de celle discipline très moderne de l'art de l'ingénieur que désormais l'on est accoutumé à appeler l'*automatique*, laquelle intéresse directement tous les procédés d'automation de n'importe quelle dimension et de n'importe quel niveau, et qui a acquis dans sa partie théorique la plus avancée, une formalisation considérablement inter-disciplinaire.

La théorie des systèmes de réglage par reaction a par la suite assumé une importance fondamentale pour la science cybernétique, laquelle exige désormais non plus de vagues spéculations philosophiques, mais un lien de longue durée et très étroit avec la technologie. Ce livre a été écrit spécialement pour les techniciens et il est substantiellement divisé en deux parties: la théorie des systèmes linéaires et les composants des systèmes de régulation.

Il présente une bonne exposition de la théorie fondamentale de H. Nyquist, dite aussi *Théorie de la réaction positive*, laquelle sert à la mise au point des amplificateurs électroniques dans les communications téléphoniques intercontinentales. La représentation polaire de Nyquist constitue une méthode courante d'examen de la stabilité des processus linéaires et c'est en elle que l'on retrouve la base de la technique de la régulation des commandes. Particulièrement intéressant d'un point de vue technologique général est le chapitre consacré aux « compensations ».

Roma.

V. Tonini

R. Bowen. - *Paleotemperature Analysis.* A vol. in-8 (volume II of the Series *Methods in Geochemistry and Geophysics*), of x-264 pages, with 35 figures and XXVI tables. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1966. Price, bound, Dfl. 45.

Le livre du Dr. Bowen est principalement l'exposé de la méthode (proposée en 1947-48 par Urey) qui base la détermination des paléotempératures sur la détermination des rapports entre la teneur en 0^{18} et 0^{16} du carbonate et du phosphate de chaux qui constituent les fossiles. L'ouvrage commence par deux courts chapitres, l'un sur les problèmes de la paléoclimatologie, l'autre sur les bases théoriques de la méthode. Les cinq chapitres qui suivent exposent les détails de l'application: choix des fossiles (ou de part des fossiles) à examiner; techniques de production du CO_2 à analyser et difficultés qu'elles présentent; types de spectromètres de masse employés; échelles des températures (la base de l'interprétation) et facteurs de correction en fonction de la salinité et de la teneur en isotopes de l'eau de mer dans laquelle les carbonates (ou les phosphates) se forment. Suivent un chapitre sur l'influence du magnésium et du strontium qui peuvent se trouver associés au calcium dans les fossiles; quatre chapitres sur les paléotempératures déterminées par la méthode pour le Paléozoïque, le Jurassique, le Crétacé et le Tertiaire et Pléistocène, avec discussions sur la distribution sur le Globe des températures aux différentes époques, sur les facteurs de corrections, sur les méthodes de datation des fossiles, sur les causes des glaciations, etc.; un chapitre sur les rapports isotopiques dans les organismes actuels; un *addendum* des données de recherches récentes; six appendices de données techniques et de nouveaux résultats, dont d'autres encore sont ajoutés dans une note finale; et une longue liste bibliographique. Sans vouloir mettre en discussion la diligence et le soin du travail de l'A., qu'il soit permis d'exprimer l'opinion qu'il est probablement risqué de tirer des déductions trop générales de mesures dont la précision (dixième de centigrade) paraît être plutôt illusoire, si l'on tient compte de l'incertitude de plusieurs données. Le livre est compris dans une nouvelle série de l'éditeur, et, comme les autres du même éditeur, typographiquement très bien présenté.

* * *

C. Gomella. - *La soif du monde et le dessalement des eaux.* Un vol. in-16 (de la collection « *La science vivante* »), de 246 pages, avec 71 figures et tableaux. Presses Universitaires de France, Paris, 1966. Prix, broché, 16 F.

Le besoin croissant en eau douce, dont la consommation augmente non seulement à cause de l'augmentation de la population de la Terre, mais encore plus à cause du développement industriel, commence à être reconnu comme un des problèmes les plus graves de l'humanité. Parmi les solutions envisagées de ce problème, la plus pratique semble être le dessalement de l'eau de la mer. Depuis plusieurs années les techniciens sont à la recherche d'un procédé économique de dessalement. Dans son livre, M. Gomella, après avoir montré l'importance du problème, les besoins en eau douce et les ressources dont on pourra disposer à l'avenir, passe en revue les procédés proposés et leur bases théoriques. Les différents types d'installation examinées sont: par distillation, en utilisant soit la chaleur solaire, soit d'autres sources, artificielles, de chaleur; par échange d'ions; par électrodialyse à membranes sélectives; par congélation; par l'utilisation de l'énergie nucléaire. L'exposition des principes théoriques

et les schémas très clairs des différentes installations sont accompagnés par de sommaires évaluations des différents prix probables de revient. Le livre permet donc de se rendre compte de ce que l'on peut espérer que la technique arrive à nous donner.

Torino, Università.

A. Debenedetti

***. - *Treatise on Invertebrate Paleontology.* Prepared under Sponsorship of the Geological Society of America, Inc. Directed and Edited by R. C. Moore. Part U: *Echinodermata 3.* Volume 1 and Volume 2. Two vols. in-8, of XXX-696 pages, with 534 figures complexively. The Geological Society of America, Inc., New York, 1966. Price, bounds, Dell. U.S.A. 18,50 complexively.

Du grand Traité « Invertebrate Paleontology », qui est publié sous les auspices de la Société géologique américaine, paraissent maintenant deux nouveaux volumes, consacrés aux Echinodermes; type d'Invertébrés qui a eu dans les époques passées géologiques un développement très étendu et qui est toujours représenté par un nombre très élevé d'espèces vivantes. Type qui revêt une importance fondamentale en ce que certains groupes fossiles sont typiques et exclusifs d'horizons géologiques déterminés; pour lesquels leur repérage sert à déterminer et à définir l'appartenance et l'époque des terrains dans lesquels le repérage a eu lieu.

A la rédaction des deux volumes a collaboré un groupe nombreux de spécialistes, à chacun desquels a été essigné le traitement de certains chapitres, dans lesquels toujours on fait référence aussi aux espèces vivantes, lesquelles par leur comparaison permettent l'interprétation de structures et de restes autrement difficilement cataloguables.

Précède une introduction générale sur la morphologie, l'antomie, l'écologie et la systématique générale. Sujets qui sont ensuite largement développés, en même temps que l'évolution, la phylogénèse, la paléoécologie et la distribution stratigraphique, dans les chapitres qui se succèdent dans lesquels est traité la systématique des différents groupes. Sont aussi illustrés les Asterozoa comprenant les Asteroidea et les Ophiuroidea et les Echinozoa comprenant en plus des classes exclusivement fossiles: les Echinoidea et les Holothurioidea.

La bibliographie très étendue qui fait suite à chaque chapitre, la richesse des excellentes illustrations, la parfaite présentation typographique confirment la valeur élevée de ce grand traité et de ces volumes, auxquels devront toujours se reporter non seulement les géologues et les paléontologues, mais également les zoologistes pour mieux comprendre l'évolution et la phylogénèse des espèces vivantes.

Genova, Museo Civico di Storia Naturale.

E. Zavattari

K. M. Smith. - *Insect Virology*. A vol. in-8, of xiv-256 pages, with 46 figures and XI tables. Academic Press, New York, 1967, Price, bound, Doll. U.S.A. 11,50.

La virologie des insectes est une branche importante qui atteint à un intérêt applicatif élevé dans trois secteurs différents: l'étude des maladies à virus en tant que nocifs pour les insectes utiles; l'étude des possibilités de transmission de viroses des plantes cultivées par le truchement d'insectes vecteurs et enfin l'utilisation possible des virus dans la lutte contre les insectes nuisibles. Il faut dire que jusqu'à maintenant le matériel était extrêmement informe et diffus. Très utile pour cette raison l'ouvrage de Kenneth M. Smith, l'une des plus grandes autorités mondiales dans le domaine des rapports entre virus et insectes. Le développement le plus grand dans le livre est donné à l'illustration des principales viroses des Insectes: polyèdroses nucléaires et cytoplasmiques, granuloses, etc. Puis l'A. pénètre dans la virologie classique: mode de réplication des virus, leur transmission et diffusion, latence. Un heureux chapitre est celui consacré aux cultures de virus sur des cellules d'insecte cultivées in vitro sur des milieux artificiels. Terminent le livre les deux exposés de plus strict intérêt entomologique-agraire, sur les relations entre plantes et insectes vecteurs et sur la lutte biologique au moyen des virus. Il s'agit dans l'ensemble d'un ouvrage d'un excellent niveau et d'une grande utilité.

Siena, Università, Istituto di Zoologia e Biologia Generale.

B. Baccetti

O. Verona. - *Microbiologia Agraria*. Un vol. in-8, di xii-1094 pagine, con 279 figure nel testo. Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino, 1966. Prezzo, rilegato, L. 14.000.

Cet ouvrage se compose d'une partie générale et de trois spéciales. La première traite, naturellement, de la Microbiologie générale, les autres ont pour titre: l'intervention des microorganismes dans le processus productif; l'intervention des microorganismes dans le processus de transformation; la conservation des produits naturels.

Le livre est, comme en avertit l'Auteur dans la présentation, destiné surtout aux étudiants d'Agronomie, mais aussi aux techniciens intéressés aux transformations et à la conservation des produits. On peut dire tous les deux buts ont été atteints très bien parce que l'exposition est claire pour les uns et pour les autres, avec des possibilités de choix et d'approfondissement des notions selon l'intérêt particulier de chacun. La documentation iconographique est très vaste et claire et cela facilite beaucoup l'étude.

La présentation typographique est excellente et un indice par auteurs et un par matières rendent aisées les vérifications.

Napoli, Università, Istituto di Patologia Generale.

L. Califano

W. FUHRMANN. - *Taschenbuch der allgemeinen und klinischen Humangenetik.* Ein Band in-16, von XIV-416 Seiten, mit 68 Abbildungen und XL Tabellen. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft M.B.H., Stuttgart, 1965. Preis, geb., DM 38,50.

Le livre se présente comme un manuel de Génétique Clinique (ou médicale), très riche en références, précédées d'une introduction complète de Génétique Générale, toutefois comprise dans son application à l'homme (Chap. ler); ainsi les bases chromosomiques de la transmission sont exposées en considérant les chromosomes de l'homme, l'allélisme multiple est expliqué sur l'exemple des groupes sanguins A B O, etc. Les vues les plus actuelles sont bien représentées: du code à la régulation de la synthèse des enzymes. Un Chapitre (le 2e) est consacré aux problèmes pratiques, comme celui des réactions individuelles aux médicaments, lesquelles font penser à un contrôle génétique, à l'Eugénique, développée d'une manière traditionnelle, dans ce sens qu'on n'y trouve pas trace, p. ex., des propositions de Muller pour les banques de sperme. Du 3e au 5e Chapitre se trouve une vaste et précise exposition des maladies héréditaires. Les illustrations sont bonnes. Le livre pourra être d'une utilité considérable, parce que, en ces dernières années, l'arsenal des traités, dans le domaine de la Génétique clinique, n'a, de l'opinion de l'analyste, rien à lui comparer.

Milano, Università.

C. BARIGOZZI

W. WESSEL. - *Elektronenoptische Studien zur Orthologie und experimentellen Pathologie des Kleinhirns der Maus.* Ein Band in-8 (Heft 71 der *Veröffentlichungen aus der morphologischen Pathologie*), von VIII-96 Seiten, mit 23 Abbildungen. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1966. Preis, geh., DM 34.

L'étude submicroscopique du tissu nerveux s'enrichit de cette monographie présentée par W. Wessel et compilée avec une masse abondante de données expérimentales obtenues par l'étude avec la technique du microscope électronique du cervelet des souris. L'ouvrage apparaît concis et divisé en deux parties fondamentales. La première partie est consacrée à la morphologie submicroscopique du cervelet normal de souris. Ici apparaissent intéressantes les observations de l'auteur relatives à la structure submicroscopique des cellules de Purkinje (dont l'Auteur reconnait deux types, le « dark » riche et le « light » pauvre en structure, correspondant probablement à deux motifs fonctionnels différents) et des processus des cellules en corbeille. Est également décrite une présence dense de mitochondries et de vésicules complexes dans la partie des fibres rampantes où celles-ci se divisent en fibres sans myéline. Sont présentés aussi des aspects submicroscopiques des granules dont on voit les dendrites former des synapses en forme d'épines du type axo-dendritique avec des fibres muscoïdes. La névroglie autour des cellules de Purkinje et dans

THE BRITISH JOURNAL FOR THE PHILOSOPHY OF SCIENCE

This unique journal deals with problems of logic and methodology as found in natural science, and the characteristics which distinguish this philosophical approach from other ways of making sense of experience. It provides scientists and philosophers with a medium through which they can have their ideas made known. The articles written in non-technical English also include contributions by distinguished foreign as well as by British scholars. There is space for correspondence arising out of the problems discussed.

GENERAL EDITOR

Dr. MARY EESSE

EDITORIAL BOARD

H. Dingle. D. Sc., A. R. C. S. — J. D. Bernol, F. R. S., M. A.
H. Jeffreys, M. A. D. Sc. F.R.S. — J.C. Eccles M.A.,D. Phil., F.R.S.
M. Polanyi, F. R. S., D. Sc. — Sir Karl Popper, M.A., Ph.D.
Bertrand Russell, (Earl Russell) F. R. S., M. A. — J. H. Woodger, D. Sc.

Annual Subscription 42 s.; single copies 10 s. 6 d.

258-278 GRAY'S INN ROAD
LONDON W. C. I.

MINERVA MEDICA

Tra le riviste mediche italiane è la più dinamica di tutte nel volere e nel ricercare diuturnamente il meglio. Diretta dai Proff. P. Bastai, A. Beretta, G. C. Dogliotti e con Direttore Responsabile il Prof. T. Oliaro, gode della collaborazione di tutti i più importanti Clinici e Patologi italiani ed in ogni suo fascicolo riporta: memorie originali, conferenze, lezioni cliniche, prolusioni, tutte compilate da Autori di nota importanza; casistiche cliniche, recensioni, note e appunti su quanto di interessante per il medico pratico si pubblica nelle Riviste mediche d'Italia e dell'Estero; resoconti e congressi delle Società scientifiche, notiziario, concorsi, curiosità mediche ed un'ampia letteratura medica periodica nella quale sono regolarmente e rapidamente riportati i sommari delle più importanti riviste mediche di tutto il mondo. Cosicchè lo studioso ha a portata di mano tutta, si può dire, la bibliografia medica corrente.
Con il folto gruppo di periodici medici che la MINERVA MEDICA ha raccolto intorno a sè e tra cui meritano di essere menzionati: la « Minerva Chirurgica » (rivista quindicinale di chirurgia pratica), la « Minerva Pediatrica » (settimanale), la « Minerva Ortopedica », la « Minerva Anestesiologica », la « Minerva Ginecologica », la « Minerva Urologica », la « Minerva Nucleare » e la « Radiologia Medica » e con la creazione della « Panminerva Medica » rassegna della medicina italiana in lingua inglese e di « Vitalità » mensile di attualità, informazione ed educazione sanitaria, il Gruppo Giornalistico Minerva Medica si è messo all'assoluta avanguardia per la valorizzazione della Scienza Medica Italiana e per la sua diffusione all'estero.

MINERVA MEDICA
Gazzetta bisettimanale per il Medico pratico.
Abbonamento annuo Lire 13.000; *estero* 20.000

VITALITÀ
Rivista mensile di cronaca, attualità, educazione sanitaria
Abbonamento annuo Lire 2.200; *estero* 3.500

TORINO - *Casella Postale* 491.

RIVISTA DI MEDICINA AERONAUTICA E SPAZIALE

PUBBLICAZIONE TRIMESTRALE

a cura del Servizio Sanità Aeronautica

●

È l'unico periodico italiano, ed uno dei tre che si pubblicano attualmente nel mondo, specializzato nel campo della Medicina aeronautica e spaziale.

Pubblica lavori originali di fisiologia, patologia, igiene dell'uomo in volo e di tecnica fisiologica aeronautica; rubriche di aggiornamento su problemi medici di interesse aeronautico e divulgazioni su argomenti tecnici riguardanti il volo, in campo militare, civile e sportivo.

La Rivista contiene anche articoli di notevole interesse per il medico generico.

Collaborano alla Rivista le massime personalità universitarie ed aeronautiche ed un gruppo di redattori specializzati in Medicina aeronautica e spaziale.

ABBONAMENTI
Italia L. 5.000 - Estero L. 10.000

FASCICOLI SEPARATI
normale: Italia L. 1.300 - Estero L. 2.600
doppio: Italia L. 2.600 - Estero L. 5.200

Direzione, Redazione ed Ufficio amministrativo:
VIA PIERO GOBETTI, 2 - 00185 ROMA

ETHNOIATRY

BI-ANNUAL JOURNAL OF ETHNOMEDICINY OF THE ITALIAN INSTITUTE OF ETHNOIATRE

Direction
Prof. Dr. Antonio Scarpa

It is the only journal existing of it's kind dealing exclusively with arguments concerning ethnomedicine.
« Ethnoiatry » seeks to awake the interest for studies and research in the vast, polyhedric, little known and fascinating field of the traditional medicines of the peoples of the earth.
« Ethnoiatry » is the only up-to-date journal which converges on new topics which can interest doctors, anthropologists, ethnologists, sociologists and psycologists.

It publishes the articles in the original language of the author (Italian, French, English, Portuguese, Spanish and German) and every article is followed by an ample summary in Italian and English. Every number is supplied with a wide unpublished photographic documentation, and contains Reviews - Bibliographic Announcements - News;

Annual subscription: Italy 3,000 lt. Lira
Abroad $ 7

Separate number: Italy 1,500 lt. Lira
Abroad $ 3,50

Remittance to be sent to:
ETHNOIATRY - Ethnomedical Journal
Viale Tamagno, 24 Varese on a/c postal N° 27-550

Direction, Editorial office and Administration:
THE ITALIAN INSTITUTE OF ETHNOIATRY
c/o Hospital del Circolo di Varese
Viale Tamagno, 24 - 21100 Varese

les glomérules est décrite de manière à justifier l'hypothèse d'un rapport étroit de type nutritif avec le tissu nerveux avec lequel elle est en contact. La seconde partie de la thèse concerne les altérations submicroscopiques induites dans le cervelet de la souris par le diabète à alloxane, par l'intoxication par la viomycine, par le défaut aiguë en oxygène et l'application des rayons X à haut dosage. Les différentes altérations rapportées sont amplement décrites et documentées. Excellentes les photographies. Cette intéressante monographie peut être lue avec grand avantage par quiconque est intéressé aux disciplines neurologiques, tant cliniques qu'expérimentales.

Milano, Università, Laboratorio di Fisiologia Umana.

M. Mancia

M. H. Pirenne. - *Vision and the Eye*. A vol. in-8, of xvi-224 pages, with many figures and plates. Chapman and Hall Ltd., London, 1967. Price, bound, sh. 50 net in U.K. only.

L'A. s'est proposé dès le début du livre d'illustrer seulement du point de vue physiologique pour les « non spécialistes » partie des connaissances actuelles sur les propriétés de l'oeil et sur son fonctionnement; il a négligé délibérément certains sujets et a placé un accent particulier sur d'autres, p.ex. les théories quantiques de la vision, la vision des couleurs, la structure et le fonctionnement des yeux d'organismes à différents niveaux de l'échelle biologique, la connexion entre les mécanismes périphériques de la rétine et ceux centraux du cerveau.

Si certains de ces sujets ont été l'objet particulier d'étude de l'A., et sont donc illustrés avec une compétence considérable et clarté, tous en général sont traités d'une façon exhaustive et évidente, et les notions sont fournies non de manière directe, mais comme une conséquence des recherches expérimentales, décrites sommairement, mais avec une grande rigueur scientifique.

Sans que l'exposition soit alourdie par trop de citations, l'A. indique toujours la source des diverses indications, dont il rapporte ensuite dans l'ample bibliographie, qui va jusqu'à 1966, la référence exacte; il est ainsi beaucoup plus facile pour le lecteur de pouvoir approfondir les divers sujets. Pour cela il nous semble que ce petit livre ne doive pas être réservé seulement à qui aborde pour la première fois l'optique physiologique, mais qu'il peut être utile également à qui l'étudie déjà et éprouve la nécessité d'informations rapides, mais précises, sur des sujets qu'il n'a pas approfondis.

Arcetri-Firenze, Istituto Nazionale di Ottica.

M. T. Zoli

J. Stoetzel. - *Psicologia sociale*. Seconda edizione. Un vol. in-8, di 338 pagine, con figure e XIII tabelle. Armando Armando Editore, Roma, 1966. Prezzo, non rilegato, L. 2.500.

Le volume présente d'une manière synthétique, mais clairement exposée, les résultats les plus solides de la recherche psycho-sociale. En effet, la lecture du volume donne l'impression que la psychologie sociale a atteint à la dignité d'une discipline autonome, tant du point de vue méthodologique que des faits, en correspondance avec la réalité de son développement. En outre, il se distingue des, par ailleurs, excellents manuels publiés aux Etats-Unis par son information, qui tient compte des études européennes, au moins de langue française et par sa présentation non dogmatique, mais problématique de la matière, qui détermine une exposition aérée, orientative et inductrice d'intérêt. Si l'on veut faire un reproche, mais plus qu'un reproche c'est l'expression d'une limitation, il faut rappeler les rares renvois aux études psychanalytiques, qui provoquent des affirmations de psychologie dynamique et de la personnalité un peu trop désinvoltes, dans la section consacrée au thème « L'individuo e la cultura ».

Bologna, Università, Istituto di Psicologia.

M. Battacchi

***. - *D-Days at Dayton.* Reflections on the Scopes Trial. Edited by J. R. Tompkins. A vol. in-8, of xvi-174 pages, with 8 figures. Louisiana State University Press, Baton Rouge, 1965. Price, bound, Doll. U.S.A. 5,00.

In July 1925, John Thomas Scopes, a young schoolteacher in Dayton, Tennessee, was convicted of teaching the theory of evolution, a crime which had been forbidden (and still is) by state law since the previous March. The two outstanding personalities who were in conflict in the tryal were W. J. Bryan as prosecuting attorney and C. Darrow, chief counsel for the defense. Scopes himself did not even testify. As is well known the « Monkey trial » arose a great interest among biologists and also among general public: a play based on it was recently produced in film.

The purpose of the present volume is to examine certain aspects of the Dayton tryal in the light of subsequent history. Part I is devoted to J. T. Scopes: a profile of him is drawn by J. R. Thompkins, and Scopes himself contributes with: Reflections, forty years after. The other sections comprehend an account of the trial written at that time by H. L. Mencken, and a number of essays on Academic freedom and on the subject of evolution by scientists and theologians. In fact, as the editor points out, the tension between science and religion is still real and permanent. In 1964 the Texas State Textbook Committee had still to hear the complaints of various individuals against the use of textbooks which present evolution as an established fact. But the Committee ruled in favour of the publishers and their textbooks. Today, the editor concludes, science and theology have been shorn of much their provincialism: we have entered into dialogue.

In the reviewer's opinion, however, the danger of extremism and obsolutism is always pending, everywhere. The reading of this book is extremely useful to biologists, sociologists, theologians and politicians: the law makers.

* * *

T. HUXLEY. - *Science and Education*. Introduction by CH. WINICK. A vol. in-8, of 384 pages. Philosophical Library, New York, 1964. Sans indication de prix.

Thomas Henry Huxley is well known in wide circles as the main follower of Darwin and the herald of the theory of evolution in the debates that followed the publication of the *Origin of Species* (1859). He was a very remarkable figure of the English cultural world in the « wonderful century », showing the most lively interest in many fields of scientific inquiry (zoology, physiology, paleontology, history of science, etc.) as well as in social and organizational problems. The publication of 17 of his essays (first published in various occasions between 1852 and 1887) collected under the title « Science and education » is welcomed by those who appreciate the modernity of many of Huxley's viewpoints and the brilliant style and wide outlook of the writer.

Roma, Università, Istituto di Genetica.

G. MONTALENTI

C. BUTTMANN. - *John Herschel. Lebensbild Eines Naturforschers*. Ein Band in-8 (Band 30. der *Grosse Naturforscher*), von 264 Seiten, mit 12 Abbildungen. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft M.B.H., Stuttgart, 1965. Preis, geb., DM. 24,80.

Le grand nom de William Herschel peut avoir quelque peu obscurci celui de son fils John, qui pourtant est bien connu pour les contributions considérables que ce dernier a fourni au progrès de l'astronomie. Vient bien à son heure cette vie de John Herschel écrite par Günther Buttmann. Bien que ce soit écoulé presque un siècle depuis la mort de John Herschel, il n'existait pas encore une biographie exhaustive de celui-ci, ce qui vraiment est étrange. L' A. note modestement qu'une description complète de tout le vaste travail accompli par Herschel, non seulement dans le domaine de l'astronomie, mais aussi dans d'autres apparentés, ne peut être comprise dans sa biographie présente.

Toutefois, en parcourant les huit chapitres du livre on peut apprendre avec détail les circonstances de la vie de ce grand astronome, d'abord dans la maison paternelle à Slough, puis au Cap de Bonne Espérance où il accomplit la grande entreprise de cataloguer les étoiles de l'hémisphère austral pour compléter l'ouvrage de son père sur l'hémisphère boréal.

Un livre d'intérêt considérable avec des indications et des documents en général peu connus.

Firenze, Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

G. ABETTI

***. - *Nel quarto centenario della nascita di Galileo Galilei.* Un vol. in-8, di VIII-250 pagine. Società Editrice Vita e Pensiero, Milano, 1966. Prezzo, non rilegato, L. 3.000.

I - Evandro Agazzi - Physique galiléenne et physique contemporaine.

A propos de l'opposition habituelle de la physique galiléenne et de la physique contemporaine, l'A. se propose de montrer comment, même aujourd'hui, on peut continuer à reconnaître en Galilée le père de la physique, sans pour cela méconnaître que la physique d'aujourd'hui a assumé un visage très différent.

II - Carmelo Ferro: Galilée et le problème de la méthode à l'aube de l'ère moderne.

Il met en lumière la recherche d'une voie nouvelle dans la méthode, la vieille voie, celle des philosophes péripatéticiens ne donnant plus confiance. Mais parmi le grand nombre de ceux qui se proposèrent à cette époque cette recherche, il n'y a que Galilée qui ait trouvé la voie juste, suivant laquelle il a établi les principes de la mécanique, et découvert d'admirables nouveautés dans le ciel.

III - Luigi Firpo: Le processus de Galilée.

Il cherche à exposer le processus d'une façon exacte, mettant à profit les très vastes documents relatifs, bien connus maintenant; rejetant d'un côté les interprétations captieuses des anticléricaux et de l'autre la tendance des cléricaux à en assurer une défense outrancière. Ceci, dans le but de « comprendre pourquoi la raison fut humiliée et pourquoi l'erreur put se vanter d'une de ses multiples, mais éphémères, victoires ».

IV - Carlo Felice Manara: La mathématique dans la pensée galiléenne.

Après ce qui a été écrit sur le sujet, l'A. se borne à considérer la place qu'occupe la mathématique dans l'étude des sciences de la nature, et la contribution que Galilée et son école ont apporté au progrès de celle-ci.

V - Carlo Maria Martini: Les exégètes du temps de Galilée.

On met bien en lumière le concept de Galilée que « la sainte Ecriture ne peut pas se tromper », cependant, on ne doit pas toujours s'arrêter sur le sens littéral pur, lequel est souvent adapté « à la capacité du vulgaire très grossier et indiscipliné ». Mais les exégètes de ce temps n'étaient pas en mesure de recevoir la vérité de ces observations.

VI - Pietro G. Nonis: Galilée et la religion.

L'A. dit que ce qui frappe le plus, en parcourant les ouvrages et la correspondance de Galilée, c'est le fait que malgré l'admonition de 1616 et la condamnation de 1633, sa foi religieuse ne soit pas demeurée ébranlée et qu'elle lui ait donné la force de surmonter tant d'épreuves douloureuses physiques et morales.

VII - Mariano Petrucci: Galilée et le principe de la relativité.

Il rapporte le principe de la relativité, lequel est exposé par Galilée dans une page célèbre de la 2e journée des Dialogues. Après l'avènement de la

Relativité (Einstein, 1905), la première s'appelle pour la distinguer, Relativité galiléenne.

VIII - Angelo Pupi: Une réflexion à propos des critiques de Galilée à l'aristotélisme.

Il rapporte des passages de lettres de Galilée, desquels il ressort qu'il était un grand admirateur d'Aristote, et qu'il suivait ses enseignements, en avançant, ainsi que celui-ci l'avait enseigné, dans les recherches scientifiques. Il est hostile, en revanche, aux aristotéliciens, qui veulent soutenir n'importe quelle assertion du philosophe, même si elles sont contredites par des expériences sensées et les récentes découvertes astronomiques.

IX - Vasco Ronchi: La nouvelle reconstruction de l'invention de la lunette astronomique.

Ecrit très intéressant, à tous points de vue, qui doit être lu, du moins par qui ne connait pas la « Storia della luce » du même auteur. (2e édit., Zanichelli, Bologna, 1962).

X - Sofia Vanni Rovighi: La signification de Galilée dans l'histoire de la Philosophie.

L'A. considère Galilée comme un philosophe plutôt que comme un chercheur scientifique, et de l'examen de ses oeuvres, elle montre comment il a démoli la physique aristotélique et fondé la méthode expérimentale, en montrant pareillement l'importance scientifique de la technique.

Comme jugement d'ensemble sur le livre, je dois dire que, outre toutes les conférences spécifiquement scientifiques (Manara, Ronchi), est intéressante celle de Firpo, équilibrée et exhaustive, sur le processus de Galilée. Décevantes me sont apparues celles de Pierucci et de Pupi; le premier parce qu'au lieu de s'en tenir à la confrontation entre la relativité galiléenne et la relativité restreinte d'Einstein, s'est enfoncé dans des considérations sur la relativité générale et sur d'autres hypothèses modernes pas du tout fondées; le second parce qu'il parle trop de Cesare Cremonini, type parfait de l'aristotélicien, très savant, mais très entêté et aveugle en face des nouvelles vérités scientifiques.

Genova, Università.

A. Natucci

H. T. Pledge. - *Science Since 1500.* A short History of Mathematics, Physics, Chemistry, Biology. A vol. in-8, of 358 pages, with one text figure, XV plates, III graphs, III charts and VI maps. Her Majesty's Stationery Office, London, 1966. Price, unbound, sh. 18.

Cet ouvrage, encore que réédité dans le texte publié la première fois en 1939, conserve encore un intérêt pour l'historien de la science d'aujourd'hui. Il est difficile, en effet, dans un écrit de ces dimensions de réunir la plus grande

richesse d'informations et une maîtrise aussi sûre des innombrables détails des disciplines individuelles, de sorte qu'il pourra être apprécié spécialement par le lecteur de vaste préparation scientifique.

D'autres personnes qui voudront s'aventurer dans la lecture non aisée de ce livre pourront apprécier de plus l'intercalement de brèves, mais pénétrantes observations par lesquelles l'auteur reprend à travers les différents chapitres, certains thèmes généraux. P. ex. l'importance des instruments scientifiques et des symbolismes, le lien étroit jusqu'au XVIIIe siècle entre physique, chimie et physiologie, l'alternance dans les diverses disciplines des idées-clé du continu et du discontinu et même la géographie socio-économique du travail scientifique.

La science du XIXe siècle, même dans ses aspects les plus significatifs de la logique mathématique, est exposée dans quelques chapitres denses et brefs et est tenue présente par l'auteur comme un des critères fondamentaux pour traiter des siècles qui l'ont précédée. Dans ceux-ci, ce dernier voit en fait les enchaînements et les points d'arrêt de certaines tendances progressives qui lui semblent culminer de nos jours, comme l'indépendance croissante des sciences par rapport à la pensée philosophique et l'effort de rompre l'isolement entre recherche théorique et techniques de production.

Une telle conception « progressive » de la connaissance, même si elle ne conduit pas Pledge à une histoire intégrale en tant que dépassement continuel des erreurs, n'invite certes pas à comprendre la science des diverses périodes comme une des expressions organiques de la société et de la culture.

Milano, Università.

F. MONDELLA

SCHELABOR S.P.A. milano

già SOCIETÀ ITALIANA PRODOTTI SCHERING

SPECIALITÀ MEDICINALI

* Anovlar
* Atophan
* Atophan Balsamo
* Biligrafin
* Biligrafin forte
Corti-Fluoral
* Cortiron
* Cortiron Depot
Detoxicon
* Duogynon
* Duogynon orale
Florigien
Inosipsina
Isotiran
* Kiron
Metabolit
* Neutralon
* Neutralon Belladonna
* Normacol
* Pernexin
* Primobolan
* Primobolan Depot
* Primodian
* Primodian Depot
* Progynon Balsamo
* Progynon confetti e gocce
* Progynon B oleoso
* Progynon Depot
* Proluton
* Proluton Depot
* Schericur
* Solu-Biloptin
Spasmamide
Spasmamide Composta
* Testoluton
* Testoluton Forte
* Testoviron
* Testoviron Depot
* Urografin
* Urotropina

E inoltre:

* Atophanyl
* Cylotropina
* Felicur
* Metilandrostendiolo
* Neotropina
* Scheroson oftalmico
Tilene
Tilene Complex
Tiolicum
* Vasano

* Specialità su licenza SCHERING A.G. - Germania

Un impegnativo impianto di desalinizzazione con distillazione solare.

A Coober Pedy, località dell'Australia centrale, nota per essere una zona tra le più « assetate » del mondo, è stato installato uno dei più efficienti e produttivi impianti di produzione di acqua con distillazione solare tra quelli che si conoscono.

L'impianto consiste in una fila di vassoi metallici poco profondi, tra loro collegati, e rivestiti internamente di una pellicola nera di politene. Lastre di vetro coprono i vassoi, il cui numero può essere aumentato a seconda del fabbisogno d'acqua richiesto. Mano a mano che l'acqua salata, proveniente da un pozzo artesiano, passa nei vassoi, viene riscaldata dai raggi del sole che filtrano attraverso il vetro e vengono assorbiti dalla pellicola di politene. Una parte dell'acqua vaporizza e si condensa sulla parte inferiore della copertura di vetro, che è inclinata. Da qui essa scivola via fino a raccogliersi in una specie di canale laterale, che la fa affluire in un serbatoio di raccolta. Il volume dell'acqua immessa è circa due volte quello del massimo di acqua distillata, di modo che il flusso riduce la formazione di sale entro l'impianto. Il processo è continuo e richiede una manutenzione minima. L'impianto di Coober Pedy, malgrado che non sia ancora stato portato a compimento, produce circa 14.000 litri di acqua dolce al giorno. Allorchè l'estensione dell'impianto passerà dai 3.500 metri quadrati di oggi ai 7.000 di un prossimo futuro, la produzione salirà a circa 30.000 litri di acqua al giorno.

L'idea di installare un gigantesco impianto di distillazione solare a Coober Pedy è nata dal fatto che il CSIRO (Organizzazione australiana per la ricerca scientifica e industriale del Commonwealth) aveva in passato creato dei prototipi sperimentali in altre località del paese che avevano dimostrato come la creazione di tali impianti riuniva parecchi vantaggi, quali quelli dell'economicità e della massima funzionalità. Difatti, una volta che il fondo è stato approntato, otto ore sono sufficienti a due operai esperti per allestire un impianto di oltre quaranta metri quadrati.

In quanto al costo di produzione, è stato calcolato che, in un periodo di venti anni, un impianto di 400 metri quadrati, può produrre una media di 340.000 litri di acqua l'anno, al costo di circa 540 lire ogni mille litri.

Roma.

La fusione del più grande specchio telescopico astronomico del mondo.

È stata recentemente completata con successo la fusione del più grande specchio telescopico astronomico del mondo in quarzo fuso. L'enorme specchio grezzo, del peso di 15 tonnellate e con un diametro di 158 pollici, verrà installato nell'osservatorio nazionale di Kitt Peak, nell'Arizona.

L'eccezionale specchio al quarzo fuso permetterà agli astronomi di scrutare milioni di anni luce nell'universo con estrema precisione. Infatti, le distorsioni causate dagli sbalzi di temperatura sui normali specchi telescopici saranno pressochè abolite da questo specchio al quarzo che ha un'accuratezza di riflessione mai raggiunta sinora.

Lo specchio allo stato grezzo ha uno spessore di 24 pollici ed è formato da lingotti di quarzo a forma esagonale, fusi insieme a temperature di 3300 F, con un processo di fusione e di raffreddamento durato parecchie settimane.

Ora che i tecnici hanno terminato la fusione, i due maggiori problemi da risolvere sono il trasporto dell'enorme pezzo grezzo, che dovrà percorrere più di 2800 km per terra e per via fluviale, e la rifinitura dello specchio, che richiederà più di due anni di accuratissimo lavoro da parte degli ottici specializzati dell'osservatorio di Kitt Peak. Per avere un'idea della complessità del lavoro di rifinitura, basti pensare che gli ottici dovranno raggiungere, con i loro strumenti abrasivi, limiti di tolleranza di un milionesimo di pollice.

Il direttore dell'osservatorio di Kitt Peak ha dichiarato che il nuovo specchio telescopico, realizzato con il contributo della Fondazione Nazionale per le Scienze e con la collaborazione della « General Electric » permetterà di allargare i confini dell'astronomia molto oltre i limiti raggiunti con i telescopi attualmente in uso.

Roma.

LA RICERCA INDUSTRIALE

Copyright by
Rivista "SCIENTIA" Editrice
Sede legale - Milano, Via Donizetti 55
Registrata presso la Cancelleria del Tribunale di Milano col N. 1276
NORA BONETTI - *Direttore Responsabile*

ODAG - OFFICINA D'ARTI GRAFICHE - MILANO

CASSA DI RISPARMIO
di VERONA VICENZA e BELLUNO

118 Dipendenze in Provincia di Verona, Vicenza, Belluno e Mantova

275 miliardi di attività amministrate

BANCA POPOLARE DI MILANO

Fondata nel 1865

•

TUTTE LE OPERAZIONI DI BANCA

CEAT S.p.A. - TORINO

CORSO PALERMO 1 - Capitale L. 10.000.000.000

Produzione:

Cavi e Conduttori Elettrici - Pneumatici
Prodotti vari in gomma e materie plastiche in genere.

PONTEGGI TUBOLARI DALMINE INNOCENTI S.p.A.

Direzione: 20121 Milano - Piazzetta Bossi, 1
Stabilimento: 20147 Milano - Via Gonin, 25
Uffici Agenzie e Depositi in tutta Italia
Consociate e Rappresentanti all'Estero

Strutture tubolari smontabili in acciaio per tutte le applicazioni - Ponteggi a telai prefabbricati - Casseforme metalliche - Travi telescopiche - Puntelli regolabili - Crociere - Travi pesanti componibili per grandi getti in c. a - Scaffalature

SIAI - LERICI, Azienda Industriale
CORMANO (Milano) - Via F. Filzi, 15

Officina specializzata per la lavorazione degli acciai inossidabili e dei metalli e leghe antiacide in genere (nichel, monel, titanio, hastelloy, ecc.). Costruzioni per altissimo vuoto.

COSTRUZIONI GENERALI FARSURA

COGEFAR S. p. A.

VIALE MONTELLO 20 - 20154 MILANO

Grandi Lavori di Ingegneria Civile
in Italia ed all'Estero

Ferdinando Zoppas S.p.A.

31015 CONEGLIANO VENETO (Treviso)

Divisione Elettrodomestici
Divisione Grandi Impianti
Divisione Idrosanitari

CASSA DI RISPARMIO DI ASTI

Sede Centrale: 14100 ASTI

N. 4 Agenzie di Città
N. 32 Filiali in Provincia

Depositi al 31/3/1968: 83.000.000.000
Patrimonio: 1.963.000.000

LE ASSICVRAZIONI D'ITALIA

Società collegata con l'Istituto Nazionale delle Assicurazioni

00198 **ROMA,** Via Po, 3

COMPAGNIA ITALIANA
WESTINGHOUSE
FRENI E SEGNALI

TORINO: Via P. C. Boggio 20 - Tel. 330.294-332.626
Telex: Westi To 21340

Equipaggiamenti pneumatici di frenatura per veicoli ferroviari e stradali. Apparecchi pneumatici per l'automazione, Apparecchiature elettriche di conversione. Diodi al silicio e piastre al selenio. Segnalamento ferroviario e telecomandi. Fusioni in ghisa meehanite.

FABBRICA ITALIANA TUBI FERROTUBI S. p. A.

Sede Sociale: 20123 Milano - Via Lanzone 4
Stabilimenti: Milano e Sestri Levante (Genova)

Tubi in ferro e acciaio
senza saldatura e saldati,
carpenteria in genere

Telegrammi: TUBIFIT - Milano – Telex Milano 31383

Cementir

CEMENTERIE DEL TIRRENO S.p.A.

CAPITALE L. 7.250.000.000 interamente versato

SEDE E DIREZIONE GENERALE:
ROMA - Viale Gorizia, 24/D - Tel. 861.741 (5 linee)

CO • GE • CO

Compagnia Generale Contatori S. p. A.
20143 MILANO - Viale Cassala, 16 - Tel. 848.19.54-848.25.87

Contatori elettrici ad induzione, banchi automatici di verifica e taratura contatori, trasduttori elettro-magnetici a magnetizzazione forzata, motoriduttori, programmatori a motorino sincrono per apparecchiature elettrodomestiche, motorini sincroni monofasi autoavviantisi, orologi contaore per il controllo dei tempi di produzione.

BIRRERIA RISTORANTE
PEDAVENA

a Km. 3 da Feltre, alle porte delle Dolomiti

Saloni per ricevimenti e congressi - Parco - Zoo
Campi da tennis e bocce - Cucina internazionale

TEL. 22.46 FELTRE

VII-VIII - 1968

Annus LXII | Vol. CIII, N. DCLXXV-DCLXXVI | Series VII

"SCIENTIA"

(RIVISTA DI SCIENZA)

Rivista internazionale di sintesi scientifica – Revue internationale de synthèse scientifique
International Review of Scientific Synthesis – Internationale Zeitschrift für wissenschaftliche Synthese – Revista internacional de síntesis científica

INDEX

O. Onicescu (R.S.R.) - *Mouvement et structure.*

W. J. Moore (U.K.) - *The Influence of Muscular Function on the Growth of the Skull.*

L. Burnelle (U.S.A.) - *Photochimie et pollution atmosphérique.*

L. Amouriq (France) - *Action des intermittences régulières et irrégulières d'éclairement et d'obscurcissemen sur le rythme nycthéméral d'activité de* porcellio scaber *latr.* (*porcellionidae, isopodes*).

J. F. Corso (U.S.A.) - *The Sensory Effects of Aging in Man.*

A. Dumitriu (R.S.R.) - *Le problème des paradoxes logico-mathématiques.*

RECENSIONI - COMPTES RENDUS - BOOK REVIEWS - BUCHBESPRECHUNGEN - ANALISIS DE OBRAS

J. Lemaire. - *Hypocycloïdes et épicycloïdes* **(F. Voltolini).** — R. J. Bray and R. E. Loughhead. - *The Solar Granulation* **(G. Abetti).** — H. Alfven. - *Worlds-Antiworlds.* — I. P. Shkarofsky, T. W. Johnston and M. P. Bachynski. - *The Particle Kinetics of Plasmas.* — R. Jancel and Th. Kahan. - *Electrodynamics of Plasmas* **(G. Calamai).** — S. Borowitz. - *Fundamentals of Quantum Mechanics.* — F. C. Brown. - *The Physics of Solids* **(P. Caldirola).** — S. Goldman. - *Laplace Transform Theory and Electrical Transients* **(S. D'Agostino).** — M. Alonso and E. J. Finn. - *Fundamental University Physics.* Volume I: *Mechanics.* Volume II: *Fields and Waves.* — S. E. Liverhant. - *Outline of Atomic Physics* **(R. Falciani).** — M. Jammer. - *The Conceptual Development of Quantum Mechanics.* — G. H. Wannier. - *Statistical Physics* **(R. Piontelli).** — G. Gamow. - *Trent'anni che sconvolsero la fisica* **(A. Natucci).** — D. I. Blokhintsev. - *Mécanique quantique et applications à l'étude de la structure de la matière* **(M. Rigutti).** — J. Burcher. - *Les combinaisons optiques. Pratique de calculs* **(V. Ronchi).** — ***. - *Methods and Techniques in Geophysics* **(G. Tagliaferri).** — J. J. Burckhardt. - *Die Bewegungsgruppen der Kristallographie.* — L. Van der Plas. - *The Identification of Detrital Feldspars* **(A. Debenedetti).** — V. J. A. Novak. - *Insect Hormones.* — V. C. Twitty. - *Of Scientists and Salamander* **(E. Zavattari).** — T. R. E. Southwood. - *Ecological Methods, with Particular Reference to the Study of Insect Populations.* — ***. - *Environmental Biology.* —

(Voir au dos)

CRONACA - CHRONIQUE - CHRONICLE - CHRONIK - CRONICA

Experiments at the New York University. — Mise en valeur ou détérioration des ressources naturelles.

R. RIEDL. - *Biologie der Meereshöhlen* **(B. Baccetti).** — ***. - *Biochemistry of Mitochondria.* — ***. - *Comprehensive Biochemistry.* VOLUME 14: *Biological Oxidations.* — H. E. SCHULTZE and J. F. HEREMANS. - *Molecular Biology of Human Proteins.* VOL. I: *Nature and Metabolism of Extracellular Proteins* **(L. Califano).** — ***. - *Sourcebook of Laboratory Exercises in Plant Pathology* **(O. Verona).** — E. CALLOT. - *Histoire de la philosophie biologique par les textes.* — R. C. OLBY. - *Origins of Mendelism* **(G. Montalenti).**

È assolutamente vietata la riproduzione e traduzione degli articoli di questa Rivista.
La reproduction et la traduction des travaux publiés dans cette Revue sont interdites.

MOUVEMENT ET STRUCTURE

L'un des effets de la Relativité sur la Théorie des Sciences de la Nature a été d'en accentuer fortement les tendances vers l'établissement du primat de la « structure » sur le « mouvement » qui dominait par la Mécanique les autres sciences. La relativité restreinte procède des caractéristiques de structure représentées par les transformations de Lorentz vers la Mécanique. La relativité générale cherche d'abord la structure métrique de l'univers et il en déduit les lois du mouvement sur les géodésiques de cet espace. L'auteur montre comment on réalise les mêmes buts à l'aide des principes qui régissent la Mécanique invariantive, qui tendent à rendre au mouvement son primat, tout en conservant les bénéfices retirés par la Science et sa Théorie des structures.

A partir du moment où Einstein établissait la dépendance entre la masse dynamique d'un corps et sa vitesse $m = m_o/\sqrt{1 - V^2 C^2}$ la Mécanique cessait automatiquement d'accomplir sa traditionnelle fonction de leader des Sciences de la nature: *Le mouvement* comme principe premier de toute phénoménologie cédait le pas à *la structure*.

Il en devenait en quelque sorte l'expression, car ce furent les transformations de Lorentz, qui constituèrent une caractéristique de la structure des équations de Maxwell, qui imposèrent la forme nouvelle de la masse dynamique, donc de l'objet principal de toute Mécanique.

Le primat de la structure sur le mouvement s'est encore affermi par la théorie géométrique de la gravitation, créée suivant les idées de la relativité générale qui exigait la construction de l'Univers courbe correspondant à une distribution de masses, avant d'en décrire, par les géodésiques respectives les mouvements.

Il ne s'agit pas ici d'un ordre phénoménologique de causalité entre structure et mouvement, mais d'un ordre épistémologique qui régit la succession, les démarches de la pensée des constructeurs ou des systématisateurs des théories scientifiques.

A ce propos nous pouvons ajouter que la Relativité elle-même constitue un ensemble de concepts et de relations, où ce sont les relations - sur un plan plus abstrait nous devons dire *la relation* - donc *la structure* qui domine.

C'est d'ailleurs une tendance générale dans la Science contemporaine d'accorder la première place aux structures; la modulation en est une expression évidente, comme aussi, dans le cadre des mathématiques l'algébrisation progressive de toutes les branches de cette Science en est une autre.

La situation ainsi créée à la Mécanique, comme science du mouvement de la matière, philosophiquement diminuée dans la hiérarchie des sciences physiques, ne pouvait pas se maintenir stable car cette situation ne l'a pas empêchée de continuer à jouer son rôle de principal

facteur de la technique humaine. La construction de tout véhicule jusqu'à ceux qui explorent aujourd'hui la surface de la lune, est dominée par la Mécanique et les lois du mouvement sont les aboutissants de la plupart de nos efforts scientifiques. Une révision de cette position de la science du mouvement s'imposait. Elle devait procéder par les voies propres à la science mécanique, l'aspect philosophique en étant réservé pour une étape finale.

Il fallait d'abord observer que la loi de la masse $m = m_o/\sqrt{1-V^2/C^2}$ ne contient en dehors de la constante universelle c que les éléments propres au mouvement: la vitesse et la masse d'inertie ou masse au repos. Pour établir la formule relative, on avait fait pourtant appel à des éléments étrangers à celles-ci. Ce n'est pas le premier cas où la découverte d'une loi est réalisée dans un ensemble de faits beaucoup plus complexe que ceux qui sont propres à cette loi. Mais ensuite, on a toujours pu délivrer l'expérience ou les raisonnements de tout élément étranger.

Nous avons pu vérifier qu'il en était ainsi de la loi de Einstein et nous avons trouvé, à cette occasion que la loi de la masse, comme aussi l'expression mc^a de l'énergie du point matériel constituent à côté du mouvement rectiligne et uniforme l'expression ou mieux le *contenu* de ce que nous appelons l'inertie de la masse m soustraite à toute influence étrangère, libre de se mouvoir dans l'espace.

Pour Newton, l'inertie était caractérisée seulement par le mouvement rectiligne et uniforme. Mais le même algorithme mécanique qui nous conduit à ce mouvement nous donne en même temps, sous les conditions d'un petit groupe d'axiomes, les deux expressions einsteiniennes $m = m_o/\sqrt{1 - V^2/C^2}$ et mc^a. *L'inertie* du mouvement d'une masse isolée se présente ainsi avec toutes ses caractéristiques relatives à la masse en mouvement et à l'énergie que ce mouvement met en jeu. Étant donnée l'égalité $mc = m_oC^2 + {}^1/_2\ m_oV^2 + ...$ il en résulte que l'énergie propre m_oc^2 associée à la masse au repos possède le même caractère mécanique d'inertie que l'énergie ${}^1/_2\ m_oV$, où V est la vitesse de la masse en mouvement.

Dans un langage mathématique un peu succinct, le procédé qui conduit à ce résultat consiste à exprimer que la dérivée invariante du vecteur a quatre composantes impulsion-énergie, est nulle. Ce principe, auquel, nous avons ajouté, comme nous l'avons déjà affirmé plus haut, un certain nombre d'axiomes, est suffisant aussi bien pour déterminer le vecteur spatial (p, q, r) que la composante temporelle qui est l'énergie de la masse mc^2.

Cette Mécanique est bien une science du mouvement et seulement du mouvement et ne représente qu'une extension de celle de Newton, tout en conservant la physionomie caractéristique de celle-ci. Au lieu de définir l'impulsion par le produit mc^2 et l'énergie, par ${}^1/_2\ m_o\ V^2 + C^+$, nous les avons déterminées, en même temps que le mouvement, par

l'application du principe déjà cité, en toute liberté, sans autres limitations que la supposition de la parfaite homogénéité et isotropie de l'espace et l'existence d'une vitesse limite, imposée par l'expérience.

Mais l'espace et le temps, donc l'univers à quatre dimensions du mouvement est le même que pour la Mécanique de Newton, avec les systèmes d'inertie de référence - pour lesquels le mouvement d'inertie reste rectiligne et uniforme.

On peut même dire que cette Mécanique est plus près, plus adéquate aux données de l'expérience que celle de Newton, d'abord parce qu'elle utilise de manière explicite l'homogénéité et l'isotropie de l'espace et ensuite parce qu'elle englobe de manière nécessaire l'existence d'une limite supérieure des vitesses: l'espace temps et le mouvement s'y trouvent liés d'une manière plus étroite que dans la mécanique de Newton où il n'y avait pas de limitations de principe des vitesses.

La structure de l'espace est définie en même temps que le mouvement le plus caractéristique, qui est le mouvement d'inertie, en même temps aussi que la masse dynamique.

Nous devons encore ajouter pour bien caractériser la Mécanique de l'inertie que l'acceptation du nombre c, qui représente la vitesse limite des masses matérielles, est à la même enseigne que celle de l'α pour les nombres réels. Ce n'est pas seulement une quantité qui n'est jamais dépassée, mais elle n'est jamais atteinte, l'ensemble des valeurs des vitesses des corps matériels est ouvert; c qui représente la vitesse de la lumière dans le vide n'est pas une vitesse réalisée par quelques corps matériels.

Arriver à c c'est aller au delà de la Mécanique; le dépasser ne tient pas de l'absurde mais d'une autre discipline, d'une autre phénoménologie.

Avec cette affirmation nous touchons un point délicat de la Philosophie de notre Science car, nous l'avons constaté, c est entré dans l'expression de la masse et de l'énergie par les transformations de Lorentz; il représentait donc une liaison étroite entre mouvements mécaniques et phénoménologie électromagnétique. L'unité des deux Sciences qui était ainsi réalisée est un fait d'ordre philosophique ayant plus de poids aux yeux d'un grand nombre de personnes que la subordination de la Mécanique à la Science de Maxwell si cette subordination devenait nécessaire.

Nous avons démontré que la Science du mouvement peut s'émanciper sans trop s'éloigner des principes newtoniens; mais si c'était au prix de la détacher de nouveau du corps unitaire de la Science physique, il resterait à peser le pour et le contre d'un pareil résultat. Il n'en est pourtant pas ainsi, comme il ressortira de ce qui suit, dès que nous prenons en considération la Mécanique d'une masse matérielle sous l'influence d'un champ.

Le principe de notre Mécanique impose à ce champ la forme d'un

vecteur à quatre composantes A_1, A_2, A_3, A_0 et l'application du principe exige que la dérivée invariante, ou géométrique, ou extérieure, cette dernière suivant l'expression de *Elie Cartan*, du vecteur A_1, A_2, A_3, A_0 soit égalé à la dérivée du vecteur p, q, r, mé.

Il en résulte les équations

$$\frac{d\ (mv)}{dt} = E + v \times H$$

où E c'est le champ électrique et H le champ magnétique si A_0, A_1, A_2, A_3 est le quadrivecteur électromagnétique donné.

Cette fois c'est *la Mécanique qui impose la structure des lois des phénomènes électromagnétiques.*

On retrouve ainsi l'unité de la science physique mass cette fois à partir du mouvement.

Les exigences de notre pensée ébauche à chaque étape de la Théorie une image de l'univers qui en constitue en quelque sorte le fondement structurel. Elles ont porté les mathématiciens vers le concept d'espace fibré à 8 dimensions qui réunit dans une unité suggestive l'univers de Einstein et celui de Newton.

La base de cette espace fibré c'est l'univers U_N de Newton à 4 dimensions, la fibre associée à chaque point P de U_N c'est un univers V_P de Minkowski-Einstein, qui est un univers métrique, celui de nos mesures. Chaque mouvement s'inscrit dans U_N et laisse sa trace dans les Univers V_P.

La correspondance entre les différents *univers des mesures* V_P se fait à l'aide des transformations de Lorentz.

L'épistructure représentée par l'espace fibré décrit plus haut c'est une construction du mathématicien qui désire comprendre plus clairement cette diversité d'éléments que nous fournit la théorie du mouvement d'un côté, la phénoménologie électromagnétique, de l'autre. Cette épistructure est surtout d'une grande aide quand il s'agit d'ajouter le phénomène de mesure spatiale ou temporelle au phénomène pur, et de les inscrire tous les deux dans une unité structurelle, convenable pour les bien comprendre, sans pourtant les altérer, l'un par l'autre.

La distinction que nous venons de faire ici entre *structure* et *épistructure* peut sembler non seulement artificielle mais fallacieuse car elle pourrait entraîner l'impression que la science attribue aux structures mathématiques une conformité mathématique à la réalité qu'elle refuse aux hyperstructures. Il n'y a rien de cela dans la dénomination que nous avons adopté. L'épistructure c'est une structure dont les éléments sont eux-mêmes des structures, en l'espèce les univers einsteiniens des mesures. La base de cet espace fibré généré par les V_P c'est l'univers classique de Newton de notre expérience intuitive. C'est une synthèse de tous les V_P à laquelle on n'attribue pas une métrique propre, qui s'impose non pas par l'effet d'un à-priorisme né-

cessaire, mais comme résultat de l'ensemble des mesures que nous avons effectuées dans tous les temps et dans tous les lieux. Elle est en accord aussi avec les sciences aussi bien établies que le mécanique classique et la théorie de Maxwell et maintenant avec la Mécanique invariantive, en harmonie aussi avec les conceptions imposées dans la théorie de la mesure par la Relativité de Einstein.

Pour mieux préciser notre point de vue nous devons ajouter qu'au point de vue mathématique l'univers U_N de Newton n'est pas le seul espace à 4 dimensions qui peut servir de base à l'espace fibré constitué par l'ensemble des univers des mesures V_P. Le choix que nous avons effectué a été imposé par les sciences de la Nature, par la simplicité, et par son adhérence plus complète à notre manière humaine de nous représenter l'Univers.

Ces considérations sur la structure et l'hyperstructure de l'Univers des particules matérielles isolées en mouvement d'inertie ou dans un champ sont soumises à une dure épreuve quand nous nous trouvons devant l'univers de la matière donc de la gravitation.

Avec Einstein on s'est rendu compte que la gravitation c'est aussi une forme de manifestation de l'inertie de la matière. Et comme il ne s'agissait pas d'un fait local, isolé, mais d'interactions, donc de répartition de la matière, Einstein a illustré cette structure par l'image géométrique de l'univers courbe qui généralise l'univers de Minkowski. Si cette structure est ou non satisfaisante dans quelques cas très particuliers, c'est encore un problème ouvert. L'image est, dans tous les cas fort belle et, en prenant la liberté de remplacer mainte fois les espaces quasiriemaniens par d'autres plus riches en possibilités d'interprétation, on obtient, par l'adoption d'une superstructure d'espace fibré, ou la fibre serait un pareil univers, une image très utile surtout quand il s'agit de cosmologie.

Mais quand il s'agit de mouvements de points ou de systèmes de points de cet univers matériel les difficultés deviennent inextricables, même au niveau des simples énoncés des problèmes.

Le jeux entre la continuité géométrique de l'univers représentatif et la discontinuité qu'introduisent les points porteurs de masses en mouvement est dificile à saisir et à poursuivre.

Et une mécanique du mouvement redevient indispensable. D'ailleurs une telle mécanique de la matière en mouvement est possible. Nous l'avons élaboré dans le cas du problème des deux corps et montré avec l'autorité de l'évidence que la gravitation est une manifestation de l'inertie. La loi qui en résulte apporte une correction à celle de Newton, négligeable avec des petites vitesses de chacun des deux corps.

Mais la superstructure d'espace fibré qui en résulte est d'un type différent de celui obtenu dans le cas précédent. Car à chacun des points en mouvement correspond une fibre et les structures, du type einsteinien, aussi obtenues ne sont pas indépendantes.

Dans tous les cas, la structure qui résulte de cette théorie du mouvement ne la précède pas mais elle en est une conséquence. Plus encore, cette structure d'espace fibré obtenu par la Mécanique du mouvement dans le problème des deux corps rend compte d'un nouvel aspect de l'inertie de la matière qui se révèle pour les corps, nous pouvons même préciser, pour des galaxies ou des essaims de galaxies, se trouvant à de très grandes distances où l'effet gravitationel cesse de se faire sentir, en étroite correspondance avec *la dilatation* de l'univers, ou, avec plus de précision, avec la loi empirique de Hubble.

Nous allons conclure cette suite de considérations sur la reprise du rôle de la Science du mouvement dans l'édification des modèles structurels de l'Univers U_N par l'observation que la loi de Hubble, qui se présente comme un théorème de la Mécanique invariantive, est à la base de la construction de la plupart des modèles cosmologiques actuels.

Les réflexions précédentes sur l'alternance continuelle entre mouvement et structure n'en a pas élucidé le contenu philosophique, mais elles ont seulement illustré sous différents points de vue cette dualité complexe qui répond aussi bien à une nécessité de notre pensée mathématique, qu'aux exigences de l'expérience qui n'est jamais épuisée par nos modèles ou les démarches de cette pensée aux prises avec les objets qu'elle constitue et les relations qui lui sont imposées.

Bucarest, Académie de la R.P.R., Institut de Mathématiques.

O. ONICESCU

THE INFLUENCE OF MUSCULAR FUNCTION ON THE GROWTH OF THE SKULL

Dental irregularity and malocclusion have their highest incidence in the modern populations of Europe and North America. Overcrowding of the teeth is, by far, the commonest variety of irregularity and arises from inadequate growth of the facial skeleton. The aetiology of this disorder is still debated but, from the experimental, clinical and historical evidence discussed in this article, it appears that the soft physical consistency of the diet in the industrialised countries of these continents is probably an important factor. Such a diet leads to a reduction in masticatory muscle activity and hence to a reduction in the mechanical stimulus to the growth of the bones of the craniofacial skeleton.

INTRODUCTION. — Dental disorders belong to a small but significant group of diseases that have their greatest incidence in populations that enjoy a high standard of living. The three principal forms of dental disorder — that is, dental decay, periodontal disease (disease of the supporting tissues of the teeth) and irregularity and overcrowding of the teeth — are all most prevalent in the rich and industrialised nations of Western Europe and North America. Just as with other diseases of civilization, such as coronary artery occlusion and lung cancer, a diligent search is being made into the environment of the people of these countries in an attempt to identify specific causative and contributive factors.

Although the three forms of dental disorder commonly exist together there is evidence that their aetiology is separate. Both experimental and clinical findings point to the consumption of large amounts of fermentable carbohydrates, particularly sugar, as the direct cause of decay and similar findings indict the soft, pappy nature of the modern diet as at least an important contributive factor to periodontal disease. The aetiology of dental irregularity, in contrast, is still largely a subject for conjecture. Since, in the majority of cases the irregularity takes the form of overcrowding of the teeth, its basis must be a disturbance of growth that involves not only the dental tissues but also the jaw bones that support the teeth.

In an attempt to explain the high incidence of overcrowding, various hypotheses have been put forward. Firstly, it has been suggested [1] that the facial skeleton, including the jaws, is becoming reduced in size as part of a long term evolutionary trend but, while there is no doubt that the facial skeleton is much smaller in *Homo sapiens* then in earlier representatives of the Hominidae (e.g. *Homo erectus*, Neanderthal man), there is no conclusive evidence of such an evolut-

ionary trend having occurred within the species *Homo sapiens* since its emergence in the Upper Palaeolithic. Secondly, it has been suggested [2] that dental overcrowding is common in the European and North American continents because the present-day populations of these areas represent an intermingling of peoples from diverse and physically dissimilar stocks, interbreeding having led to skeletal disharmonies and, in particular, to disharmonies between the jaw-bones and the teeth. One major obstacle to accepting the second hypothesis, however, is the observation that overcrowding is very much more common than spacing of the teeth, whereas it might be expected, if this explanation were correct, that the two would be approximately equal in incidence. But it should be emphasised that the genetic factors controlling the relative dimensions of the jaws and teeth are still incompletely understood.

The third suggestion and possibly the one finding most favour with orthodontists is that the physical consistency of the modern European type of diet, with its preponderance of refined and well cooked ingredients, is so soft that its mastication fails to provide an adequate mechanical stimulus to growth of the facial skeleton. The present review has been prepared to examine, in detail, the evidence for and against this hypothesis by surveying the part played by mechanical forces in influencing the growth of the bones of the face and the cranium. Many relevant findings have in addition resulted from experimental studies and clinical observations of the postcranial skeleton.

THE INFLUENCE OF MUSCLE FUNCTION ON THE GROWTH OF THE POSTCRANIAL SKELETON. — The primary functions of the skeleton are to provide the mechanical support for the soft tissues of the body and to give anchorage for the voluntary muscles whose contractions maintain posture and bring about movement. The efficiency of the skeleton to resist the mechanical forces that arise in the performance of these two functions has been realised since Classical Times but has, since the 19th century, become increasingly a subject for critical analysis and experimental investigation.

This mechanical efficiency is seen at all levels of skeletal organisation from the microscopic structure of the constituent tissues to the general arrangement of the skeletal framework. The major component of the mature mammalian skeleton is bone, consisting of a calcified connective tissue in which the crystalline calcific deposit provides resistance to compressive forces while the proteinous collagen fibres that are enclosed in the calcified ground substance provide resistance to tensile forces. The osteocytes (or bone cells) that are concerned with the vital processes of the tissue lie in small lacunae between the collagen fibres and are connected with each other by protoplasmic processes that traverse fine canaliculi in the ground substance.

Bone is laid down in one of two forms, either as compact, ivory bone consisting of a continuous mass of calcified tissue permeated by canals for the passage of nutrient blood vessels, or as cancellous, spongy bone formed by a network of small bony trabeculae, the interstices of the network containing the highly vascular marrow from which the bone spicules obtain their nourishment. These two types of bone tissue are arranged within the individual members of the skeleton following principles similar to those used by constructional engineers to obtain structures combining lightness with strength. In building such a structure to resist the deforming action of external forces it is advantageous to arrange the material so that its greatest mass is concentrated where the stresses are greatest. The principle is well exemplified in the long bones of the limbs of terrestial mammals. If such a bone is subjected to a bending force the strains and, therefore, the stresses are greatest along the superficial layers of the bone and decrease towards its central long axis which is neither extended nor compressed. In correlation, these bones have the form of hollow cylinders whose walls are formed of compact bone, the space along the middle of the bone being filled with soft marrow.

The ends of the long bones are expanded and here the marrow cavity is partially filled by cancellous bone, the trabeculae of which are arranged in a lattice in which an orderly architecture is recognisable with the trabeculae being more strongly developed in some directions than in others. This arrangement of the cancellous bone is illustrated in the well known example of the head of the human thigh-bone which has been compared [3] with the arrangements of struts in a Fairbairn crane. These observations form the basis for the trajectorial theory of bone structure in which it is proposed that the trabeculae of calcellous bone follow the lines of the pressure and tension trajectories that would arise in a homogeneous body, of the same form as the bone, stressed in the same way, Despite much detailed criticism of this theory [4] its principles are still widely held to be correct.

Unlike the inanimate structures with which it is often compared, however, the skeleton is capable of modification in response to changes in the forces acting upon it. The responsiveness of the skeleton to impressed mechanical forces is a common clinical observation, particularly in the growing child. A diminution in muscle function, as a sequel to poliomyelitis, for example, is followed, in the child, by a marked reduction in growth of the bones of the affected limb. Similarly immobilization of an arm or leg in a splint is accompanied by wasting of the muscles and a slowing in growth of the bones of the splinted part.

Experimental studies [5] have verified these general observations and have shown that reducing muscular function, either by muscle ablation or by motor nerve section, results, not only in a diminution

of growth in the overall proportions of the bones but also in a reduction in the density of the bone tissue and a rarefaction of the trabeculae that make up the internal architecture of the bone.

A change, as opposed to a simple reduction, in the mode of stressing of a bone is followed by a rearrangement of the elements of both the compact and cancellous parts of its substance so that the bone remains efficient in its new mechanical role [6]. Although the lability of the skeleton in response to mechanical forces is greatest during the growth period, it persists, to a lesser extent, throughout life. Even in extreme old age, the bones of the skeleton are capable of considerable remodelling in response to the changes in stressing that follow, for example, a fracture in which healing occurs with poor realignment of the fragments.

It is generally held that, within physiological limits, both tensile and compressive forces act to stimulate bone deposition and that these extrinsic forces serve to determine the detailed shape of the bone, acting upon the general pattern established by genetic factors. Outside physiological limits, these forces and in particular those of compression, may lead to resorption by interference with the blood supply of the bone.

The phenomenon of bony adaption to mechanical forces has provoked a variety of explanations. Many of the earlier workers in this field [7] believed that the mechanical stimulus was mediated through the vascular system. They pointed out that the first bony trabeculae are formed close to the blood vessels of the early marrow and that the lamellae of compact bone are always arranged around spaces containing blood vessels. Mechanical forces will readily influence the calibre and arrangement of the vessels in ossifying tissue and hence, it was suggested, the architecture of the forming bones.

Humoral theories were also not with their adherents. Greig [8] for example, suggested that mechanical stressing acted by producing minute traumata in the bone resulting in the liberation of histamine. Histamine is known to provoke a local hyperaemia which, it was held, would result in the formation of new bone.

Other authors suggested that mechanical forces directly stimulate the bone cells to produce bone tissue and that the vascular architecture is dependent on that of the bone. Support for this concept increased after Glucksmann [9] had shown that bone formation in vitro (i.e. in the absence of blood vessels) could be orientated by applying external mechanical forces to the growing explant.

More modern work has provided a possible explanation of the mechanism by which mechanical forces exert their influence on bone cell activity. Frost [10] has shown that the mesenchymal cells of osteogenic tissue can be stimulated by compressive or tensile forces to take up either osteoblastic (bone-forming) or osteoclastic (bone-

resorbing) properties. He suggests that it is changes in surface form that are crucial in determining which type of activity will predominate and that when a surface of a bone, under loading, becomes more concave (or less convex) bone formation is stimulated and resorption inhibited and, conversely, when the surface becomes more convex (or less concave), bone resorption is stimulated and formation inhibited.

A clue to the nature of the physical basis of this cellular stimulation and inhibition has been given by studies of the piezo-electric properties of bone tissue [11] in which it has been shown that weak electric potentials and currents develop on the surfaces of bones loaded to cause bending. Correlated with these observations is the finding reported by Bassett, Pawluk and Becker [12] that bone growth can be modified by the application of currents produced by minute implanted electric cells. That further factors are involved, however, follows from the observations of Hoyte and Enlow [13] who have pointed out that the area of a muscle attachment may be involved in remodelling processes that include bone resorption as well as deposition. This is at variance with the commonly held view that the pull set up by muscle action acts always to stimulate the deposition of new bone in the area of attachment. The nature of the mechanism that determines this local pattern of growth in which two adjacent areas sharing a common innervation, blood supply and muscle attachment can exhibit, on the one hand, bone formation and, on the other, bone resorption, is quite unknown.

THE GROWTH OF THE MAMMALIAN SKULL. — The mammalian skull consists, in essence, of two main subdivisions. The upper part provides the protective case housing the brain and its adnexa. Suspended partly in front of and partly below the braincase is the skeleton of the face.

The structure of the braincase is that of a simple box of bone pierced by numerous holes, or foramina, permitting the transmission of the cranial nerves and the blood vessels supplying the brain. Posteriorly the cavity of the braincase communicates with the vertebral canal of the backbone by means of the large foramen magnum through which the brain stem becomes continuous with the spinal cord. The walls and vault of the brainbox consist of a series of curved bones separated from each other at their edges by fibrous joints or sutures. In the floor of the braincase (or cranial base) the bones are separated by joints of cartilage. In the mature animal, these fibrous and cartilaginous joints tend to disappear and the contiguous bones become continuous.

The facial skeleton is more complex and provides the bony framework for the orbital cavities (housing the eyes), the nasal cavities

and the upper and lower jaws, the latter bearing the teeth supported in specialised alveolar bone. The bones of the upper facial skeleton are hollowed out by a series of air containing sinuses that communicate with the nasal cavities. The mechanical forces to which the facial skeleton is subjected during chewing are resisted by a number of bony buttresses that consist of thickenings in the facial bones running from the upper dentition bearing area to the cranial base between the paranasal sinuses.

The braincase and the facial skeleton exhibit, as well as differences in structure and function, marked contrasts in their patterns of growth. The growth of the braincase follows closely that of the brain, being rapid in pre-natal and in early postnatal life. The growth of the facial skeleton, in contrast, is more protracted continuing until maturity and being closely correlated with the eruption of teeth. Taking Man, as an example, the brain and braincase have virtually completed their growth by six years whereas the facial skeleton continues growing to adulthood with spurts of growth to accomodate the eruption of the temporary and permanent dentitions. These differing patterns of growth are integrated by adjustments in the cranial base.

The principal sites of growth in the walls and vault of the braincase are the fibrous sutures between the bones. At each suture the bones are separated from each other by five layers of connective tissue. The outermost (i.e. nearest the bone) layer on either side of the suture has bone-forming or osteogenic properties and is continuous with the osteogenic layer of the periosteum covering the internal and external surface of the bone. Between the two osteogenic layers are three layers of fibrous connective tissue. Experimental investigation [14] has shown that the fibrous parts of the suture act merely to separate the osteogenic layers and play no part in controlling or directing the growth of the suture. This is indirect contrast to the cartilaginous joints in the base of the skull. Here, the contiguous surfaces of the bones are separated by cartilage whose growth is the main determinant of the rate at which the cranial base increases in size. The surfaces of the cartilages abutting the adjacent bones are sites of cartilage resorption and replacement by bone, the rate of this osteogenic activity being finely adjusted to the rate of cartilaginous growth — the net effect being an increase in size of the bones of the cranial base without any increase in the thickness of the cartilaginous joints.

The external surfaces of all the bones of the skeleton, including the skull, are covered by periosteum, a vascular membrane of connective tissue whose innermost (i.e. nearest the bone) layer is highly cellular and has both bone-forming and bone-resorbing properties. In the cranial base and in the walls and vault of the braincase, differential bone formation and resportion on the periosteal surfaces serves to

accommodate the curvature of the bones to the decreasing curvature of the growing cranium.

In the upper facial skeleton, the principal sites of growth again include the sutures that separate the bones. These sutures are arranged in the three planes of space so that their growth contributes to increase in the horizontal, the vertical and the antero-posterior dimensions of the facial skeleton. In addition, in this subdivision of the skull, periosteal bone desposition on the anterior and lateral surfaces makes a major contribution to growth in overall dimensions. A further important determinant of facial growth, at least, in long snouted mammals, is the growth of the nasal septal cartilage, experimental resection of this cartilage resulting in severe facial shortening [15].

The growth of the lower jaw-bone is dependent on a growth cartilage situated immediately under the articular surface of each condyle. The mandibular growth cartilage differs from those in the cranial base in that it is replaced by bone on one side only (its lower surface) and it is, in addition, unique in that its presence persists throughout life although at maturity its growth normally ceases.

As a result of the growth processes at the condylar cartilages the mandible increases in both antero-posterior and vertical dimensions. The shape of the mandible is adjusted as this growth proceeds by periosteal bone deposition and resorption, bone being deposited along the posterior border and resorbed along the anterior border of the vertical remus with deposition somewhat exceeding resorption so that both the vertical and horizontal ramuses increase in antero-posterior length.

THE CRANIAL AND JAW MUSCLES. — Attached to the cranial and facial skeleton are a series of muscular systems associated with the function of the upper ends of the alimentary and respiratory passages and with the poise and movement of the head on the vertebral column. The way in which these muscles form a series of balancing ties has been discussed by Brodie [16] who points out that while the animal body is bilaterally symmetrical with the skeletal and muscular structures of the left side being a mirror image of those on the right, in the dorso-ventral direction any suggestion of symmetry is completely absent.

The skull articulates with the cephalic end of the vertebral column by means of two semicircular condyles that take part in a synovial (movable) joint with the first vertebra. In quadrepedal mammals, these condyles are positioned posteriorly on the skull and both skull and vertebral column are held in the horizontal plane. In Man, in consequence of his bipedal upright posture and gait, the vertebral column is held vertically, the skull articulating with its upper end by

condyles that are positioned well forward on the undersurface of the braincase. Since, in addition, the facial skeleton is small compared to that in the majority of other mammalian species, it follows that the skull is much better balanced on the vertebral column in Man than it is in quadrupeds.

In association with the small facial skeleton, the jaw musculature of Man is only weakly developed compared with that of carnivorous and hebivorous mammals as well as with most sub-human primates. In correlation with the better balance of the head on the spine and the small jaw muscles, the nuchal muscles that connect the vertebral column with the occipital region of the skull and whose function is to maintain the poise of the head are also more weakly developed than in most other mammals.

In mammals with large jaw and nuchal muscles, the area of attachment of these muscles to the skull is increased by the development of bony ridges or crests. In carnivorous mammals and in many of the subhuman primates, the area of attachement for the massively developed nuchal and temporal (one of the muscles of mastication) muscles is increased by prominent transverse and sagittal crests on the vault of the skull. In herbivorous mammals, the attachment of the powerful pterygoid muscles (both muscles of mastication) is accommodated by large plates of bone on the cranial base. In man, in correlation with the generally weak musculature, the crests and plates associated with the attachment of these muscles are small.

THE MOULDING OF ADULT CRANIAL FORM. — In 1947, Washburn [17] reported an experimental study of the influence of muscle function on the growth of the skull that has become a classic in its field. In this study, be performed unilateral ablation or section of the temporal and nuchal muscles in new-born rats. The coronoid process of the mandible, into which the temporal muscle inserts, although well formed at the time of operation, subsequently disappeared while the temporal crest failed to develop and the nuchal crest was reduced in height. The braincase, however, remained normal in shape. As a result of his findings, Washburn classified the components of the skull into three categories. Firstly he described features such as the temporal and nuchal crests that depend for their development upon the presence of the muscles with which they are specifically associated. Secondly, are features such as the coronoid process of the mandible that are self-differentiating but require the presence of functioning muscle to reach their full development. In the third category he placed components of the skull, for example the braincase, whose growth is largely independent of muscular function.

Subsequently much further information has accumulated to support

the view that features in Washburn's first and second categories are directly dependent for their development upon the muscles with they are associated. Horowitz and Shapiro [18], for example, performed unilateral ablation of the temporal muscle in weanling rats and found that this was followed by resorption of the temporal crest and coronoid process — both of which were well formed at the time of operation. Essentially similar findings have been made by other workers using a variety of laboratory animals while, in addition, Rogers [19] has described a human cadaver in which there had been a unilateral paralysis of the jaw muscles, showing, on the side of the paralysis, a reduced temporal line and coronoid process.

In contrast to this considerable body of evidence supporting the proposition that muscular function plays a direct part in stimulating the development of the crests and other muscular markings, the role of muscle function in moulding the more major components of the skull, for instance the braincase and the facial skeleton, has been little investigated. It seems probable from the general findings, discussed earlier, of the lability of the skeleton in response to muscle function, that the bone or more correctly the osteogenic tissue of the skull would be susceptible to mechanical forces arising from muscle action and this is, indeed supported by the evidence relating to the cranial crests. Washburn's study, however, dealing with gross morphological changes readily identifiable by unaided observation, did not include any account of overall changes such as could only be elucidated satisfactorily by biometrical methods.

In the case of the braincase we do, in fact, have good evidence, from a variety of sources, of its susceptibility to the influence of mechanical forces although the forces do not, in these instances, arise from muscular action but rather from the pressure provided by the growing brain. If the brain fails to develop and grow normally, then the growth of the braincase is also deficient. Occasionally, in the human foetus, the central nervous system is grossly maldeveloped (a condition known as anencephaly) and here the bones of the braincase are found as mere scraps of bone in the tissue surrounding the underdeveloped brain. In other cases the embryological development of the central nervous system is complete but the system subsequently fails to grow at its normal rate and in these cases the abnormally small brain is surrounded by a correspondingly small braincase (microcephaly). Whether this failure of growth of the braincase, pari passu with the brain, is a direct consequence of the lack of stimulus that is normally provided by the mechanical pressure of the growing brain or whether it arises from some other inhibition of growth, shared with the brain, has been tested experimentally by Young [20]. He removed part of the brain from new-born rats and found that the bones of the braincase were markedly smaller in the operated than in normal control littermates.

This evidence favouring the view that the growing brain stimulates the growth of the braincase by the mechanical pressure that it exerts, is also supported by observations of clinical cases of hydrocephalus in children. Here, usually as a result of a block in the circulation of cerebrospinal fluid, the cranial contents increase in volume. In untreated cases the increase may be extreme — volumes of more than 7 litres having been recorded. The blockage may arise as a result of a congenital malformation of the circulatory system or, more significantly, may develop in a previously normal child following infection of the membranes surrounding the brain with, for example, the tubercle bacillus. In these latter cases, there can be no question of any abnormality of the skull or of its growth processes prior to the infection and its difficult to accept any explanation of the marked increase in growth other than it being a direct result of the mechanical forces arising from the increase in volume of the cranial contents.

It is clear, therefore, that the pressure set up by the growing brain is a factor of overwhelming importance in moulding the growth of the braincase. Nevertheless, there is experimental evidence that, even in this component of the skull, muscular function is not entirely without effect. Both Dokladal [21] and Moore [22] have shown that a reduction in masticatory muscle function is followed by a small but measurable diminution in the overall dimensions of the braincase.

Such an experimental reduction in the activity of the muscles of mastication can be achieved in a number of ways. A severe reduction can be brought about by surgical removal of one or more of the members of this group of muscles [21, 22], while a more moderate reduction in masticatory function can be effected by feeding the experimental animals on diets of abnormally soft physical consistency [23, 24]. Further methods have included unilateral extraction of developing teeth in order to reduce chewing on that side but these methods have been rendered suspect by the realisation that the presence of the tooth-germs may in itself be an important stimulus to the growth of the jaw-bones [25].

These experimental methods, carried out principally in the laboratory rat, have shown that a reduction in masticatory muscle function is followed not only by a reduction in skull growth but also by a change in skull shape, the facial skeleton being affected appreciably more than the braincase by the change in muscular activity while, in each region of the skull, length (i.e. the antero-posterior dimension) is reduced more than height (i.e. the vertical dimension) or width (i.e. the transverse dimension). In other words, in animals in which the function of the masticatory muscles has been reduced, the skull is relatively broader — a change more pronounced in the facial skeleton than in the braincase.

The reason for this change in shape has been investigated in a

recent study of the effect of bilateral ablation of the masseter muscle (a muscle of mastication) in new-born rats [22]. It was found that, compared to unoperated control rats, there was an average reduction in the facial skeleton of the operated rats of almost 3 per cent while the corresponding figure for the braincase was less than 1 per cent. In both the braincase and the upper facial skeleton, these differences between the control and the masseterectomised rats were greater in the dimensions of length (averaging some 4 per cent) than in the dimensions of width and height (averaging less than one per cent). The biggest reductions were found in the mandible where the difference in overall length was more than 7 per cent and the corresponding value for the length of the angular process, a feature specifically associated with the insertion of the masseter muscle, was more than 20 per cent.

Analysis of serial radiographs taken of the heads of the rats used in this experiment (unpublished results) revealed that the majority of the dimensions of length measured in both subdivisions of the skull already exhibited small differences by the time of weaning. Subsequently, the difference between the control and operated rats steadily increased until the rats were killed at 5 months after birth. In the height and width dimensions, in contrast, any small differences present at weaning did not increase, to any significant extent, during the post-weaning period. An exception to this general pattern of change was observed in the growth of the nasal cavity (part of the facial skeleton) where a difference already present in the length and height dimensions at weaning became less during the subsequent growth period.

In explaining these experimental findings, three factors are significant. Firstly, the masseter muscles in the rat are powerful protruders of the lower jaw in the antero-posterior masticatory movements characteristic of rodents, so that the forces set up by their repeated contractions will act principally across the transversely disposed sutures that contribute to the growth in length of the skull. Secondly, the transversely disposed sutures of the skull continue to grow until maturity has been reached, whereas the longitudinally disposed sutures that contribute to growth in height and width have virtually ceased growing by the time of weaning [26]. Thirdly, as established by radiographic studies [27] growth increments between weaning and maturity (5 months) averaged 25 per cent in the facial skeleton compared with 7 per cent in the braincase, growth in length of both regions exceeding that in height or width.

The exceptional pattern observed in the growth of the nasal cavity may be explicable on the basis that the growth of this part of the facial skeleton appears to be closely correlated with the growth in overall body size rather than with local factors such as the mechanical forces arising from muscle function.

CRANIAL GROWTH AND DENTAL OCCLUSION. — The high incidence of dental overcrowding and malocclusion, presumably reflecting inadequate growth of the facial skeleton, poses the problem of whether the growth of the human skull is subject, in a way similar to that just discussed for the skull of experimental animals, to mechanical forces and, in particular, to those that arise from the activity of the muscles of mastication. Experimental investigation of the influence of muscle function on the growth of the human skull is, of course, impossible but there are available a number of studies of the effect, on the skull, of the changes in diet that have occurred with the advent of Western Civilization.

These studies may be divided broadly into two groups, Firstly, thare are those based on populations, previously living under primitive conditions, that have adopted over a relatively short period, a European type of diet. An example of these, is the study by Waugh [28] who observed that within one generation of even partial adoption of such a diet, the incidence of dental overcrowding in Eskimos increased markedly. Somewhat similar findings were made by Clinch [29] who noted that the incidence of subnormal dental arches among urbanised Australian Aborogines was 12 per cent greater than among Aborogines living in their traditional manner.

It seems unlikely that the diet of modern Europeans or North Americans is, in any nutritional sense, inferior to that of Eskimos or Australian Aborigines. However, the diet consumed by the populations of highly developed countries contains a very high proportion of refined and well cooked foodstuffs that require but little mastication in contrast to the diet of people living under simpler conditions whose food is often course and unprepared and the consumption of which requires a large masticatory effort.

The second group of studies consists of analyses of the changes in the size and shape of the facial skeleton and the teeth that have occurred over the centuries in Europe. This type of work is made possible by the existence of large series of skulls whose burial dates are known with some accuracy. In Britain, for example, such series are available for each of the periods Neolithic, Bronze Age, Iron-Age, Anglo-Saxon, Mediæval (12th to 16th Century), 17th Century and 19th Century. A detailed analysis of the changes in the upper jaw and dentition, using this material, has been undertaken by Goose [30]. He found that the dimensions of the palate (part of the upper jawbone) had undergone a reduction over the time period considered, with most of the change having occurred between the Mediaeval series on the one hand and the 17th and 19th C. series on the other. An essentially similar study, but investigating the changes in the lower jaw and dentition, has been undertaken by Moore, Lavelle and Spence [31] where it was found that the mandible had undergone a similar

reduction in size to that observed in the upper facial skeleton by Goose with, again, most of the change occurring between the Mediaeval and the 17th to 19th century series. In both studies, the dimensions modern of the teeth were found to have altered little.

Lundstrom and Lysell [32] observed a similar series of changes in the skulls of Scandinavians, with once more, the greatest differences being found between the ramains from Mediæval burials and the more modern groups of skulls.

In correlation with the diminution in size of the jaw-bones that occurred between the Mediaeval and 17th century periods, there was a marked increase in the incidence of dental decay. Hardwick [33] in summarizing the results of many investigations into the dental disease of ancient and modern British populations, found that the incidence of decayed teeth almost doubled between 17th century and earlier time periods. A similar sharp increase in the extent of periodontal disease between Mediæval and modern series was noted in the study by Moore, Lavelle and Spence. The prevalence of both of these diseases is known to be directly related to the type of foods consumed, both increasing greatly with diets containing a high proportion of sugar and a low proportion of coarse foods that require vigorous mastication.

In support of this dental evidence for a change in the diet in late Mediaeval times, it is known from historical records [34] that during this period an increasing amount of bread, the staple food particularly of the poor, was made from finely ground and bolted wheaten flour in distinction to the coarse rye flour of earlier times, while the imports of refined sugar to England steadily increased over the same period. These changes in the diet were most marked in the large cities of the South of England and it is significant that the large 17th and 19th century British series both come from London burials.

These observations based both on living populations and on skeleton remains, all provide evidence of a diminution in the size of the facial skeleton closely accompanying a change from a diet of coarse physical consistency to one of soft, finely prepared foodstuffs. The experimental evidence outlined earlier give good grounds for suggesting that this diminution in bone growth is a direct consequence of the reduced masticatory muscle function following on the change of diet. If unaccompanied by comparable changes in the size of the teeth, as the studies of Goose and of Moore, Lavelle and Spence indicate, this reduction in the size of the jaw-bones will inevitably have lead to overcrowding and malocclusion.

The alternative suggestions that the diminution in the facial skeleton is part of a long-term evolutionary trend or the result of racial admixture are not supported by the finding, consistent to all the studies of skeletal remains, that the change in size was concentrated

almost entirely between the skulls of the Mediaeval period and those of the 17th century.

Whether the reduction in masticatory effort associated with the dietary change of Mediaeval times has produced a change in shape as well as in size of the human skull still awaits investigation. It is known from radiographical studies of children that the growth pattern of the facial skeleton is, in essence similar to that determined for the laboratory rat. Between birth and maturity this subdivision of the skull increases by 65 to 70 per cent in length, 55 to 60 per cent in height and 40 to 45 per cent in width [35] and it might be expected, on the basis of the experimental work in the rat, described earlier, that these dimensions would be affected by the change in muscle activity in direct proportion to the magnitude of these increments. Unfortunately, evidence on this point is not available, the studies of the changes in the human facial skeleton associated with the change in diet having been focussed almost exclusively on the tooth-bearing areas of the jaw-bones. Similarly, the effect, if any, of the greatly diminished use of the jaw muscles on the size and shape of the braincase is undetermined, although, here, there is some evidence that the cranium of Europeans has become more rounded, i.e. relatively shorter, in recent years. A change in shape that is in keeping with the finding that the skulls of rats fed on abnormally soft diets show a reduction of growth that is more marked in length that in height or width.

Although the presumptive evidence is strong that the observed reduction of the human jaws and the consequent overcrowding of the teeth dating from Mediaeval times has, in large part, been the direct result of the diminution in the forces produced by the masticatory muscles upon the osteogenic tissues of the cranial and facial skeleton, the possibility that genetic change has also been involved cannot be excluded. In either case, it would appear that factors would operate to limit the overall extent of morphological change. In the first instance, the limit of change is automatically set by the phenotypic plasticity compatible with the genetic endowment. In the second, although the extent of morphological change would, be greater it is likely, despite advances in orthodontic technique, to have an eventual limit determined by the adverse selective effect resulting from the associated crowding and malocclusion of the dental arches.

Birmingham, University, Department of Anatomy.

W. J. Moore

REFERENCES

[1] HOOTON E. A. (1947). *Up from the Ape.* MacMillan, New York. (see page 141 et seq.).

[2] BRASH J. C. (1956). *The Aetiology of Irregularity and Malocclusion of the Teeth.* The Dental Board of the United Kingdom, London. (see page 94 & 423).

[3] MEYER H. v. (1867). *Die Architektur der Spongiosa.* Arch. Anat. Physiol. *34* : 615.

[4] MURRAY P. D. F. (1936). *Bones.* Cambridge University Press, Cambridge.

[5] GILLESPIE J. A. (1954). *The nature of the bone changes associated with nerve injuries and disuse.* J. Bone Jt. Surg. *36*B : 464 - 473.

[6] MURRAY P. D. F. (1936). *Bones.* Cambridge University Press, Cambridge.

[7] WEIDENREICH F. (1923). *Knochenstudien 2. Über schnenverknocherungen und Faktoren der Knochenbildung.* Z. Anat. EntwGesch. *69* : 558.

[8] GREIG D. M. (1931). *Clinical observations on the Surgical Pathology of Bone.*

[9] GLUCKSMANN A. (1942). *The role of mechanical stresses in bone formation in vitro.* J. Anat., Lond. *76* : 231 - 239.

[10] FROST H. M. (1964). *The Laws of Bone Structure.* Charles C. Thomas, Springfield, Illinois.

[11] BASSETT C. A. L. and BECKER R. O. (1962). *Generation of electric potentials by bone in response to mechanical stress.* Science, N. Y. *137* : 1063 - 1064.

[12] BASSETT C. A. L., PAWLUK R. J. and BECKER R. O. (1964). *Effects of electric currents on bone in vivo.* Nature, Lond. *204* : 652 - 654.

[13] HOYTE D. A. N. and ENLOW D. H. (1966). *Wolff's Law and the problem of muscle attachment on resorptive surfaces of bone.* Am. J. phys. Anthrop. (n.s.) *24* : 205 - 213.

[14] GIRGIS F. G. and PRITCHARD J. J. (1958). *Effects of skull damage on the development of sutural patterns in the rat.* J. Anat., Lond. *92* : 39 - 51.

[15] SARNAT B. G. and WEXLER M. R. (1966). *Growth of the face and jaws after resection of the septal cartilage in the rabbit.* Am. J. Anat. *118* : 755 - 768.

[16] BRODIE A. G. (1950). *Anatomy and physiology of head and neck musculature.* Am. J. orthod. *36* : 831 - 855.

[17] WASHBURN S. L. (1947). *The relation of the temporal muscle to the form of the skull.* Anat. Rec. *99* : 239 - 248.

[18] HOROWITZ S. L. and SHAPIRO H. H. (1951). *Modifications of mandibular architecture following removal of temporalis muscle in the rat.* J. dent. Res. *30* : 276 - 280.

[19] ROGERS W. M. (1958). *The influence of assymetry of the muscles of mastication upon the bones of the face.* Anat. Rec. *131* : 617 - 632.

[20] YOUNG R. W. (1959). *The influence of cranial contents on post-natal growth of the skull in the rat.* Am. J. Anat. *105* : 383 - 415.

[21] DOKLADAL M. (1964). *Versuch einer experimentellen Beeinflussung der Schadelform bei Ratten.* Spisy lek. Fak. Masaryk Univ. *37* : 105 - 161.

[22] MOORE W. J. (1967). *Muscular function and skull growth in the laboratory rat (Rattus norvegicus).* J. Zool., Lond. *152* : 287 - 296.

[23] WATT D. G. and WILLIAMS C. H. M. (1951). *The effect of the physical consistency of food on the growth and development of the mandible and the maxilla of the rat.* Am. J. orthod. *37* : 895 - 928.

[24] MOORE W. J. (1965). *Masticatory function and skull growth.* J. Zool. Lond. *146* : 123 - 131.

[25] BAKER K. W. (1941). *The influence of the formative dental organs on the growth of the bones of the face.* Am. J. orthod. *27* : 489 - 506.

[26] BAER. *Patterns of growth of the skull as revealed by vital staining.* Hum. Biol. *26* : 80 -126.

[27] MOORE W. J. (1966). *Skull growth in the albino rat (Rattus norvegicus)* J. Zool., Lond. *149* : 137 - 144.

[28] WAUGH L. M. (1937). *Influence of diet on the jaws and face of the American Eskimo.* J. Am. dent. Ass. *24* : 1640 - 1647.

[29] CLINCH L. (1951). *The occlusion of the Australian Aborogines.* Trans. Eur. orthod. Soc. (1951) page 80 - 93.

[30] GOOSE D. H. (1962). *Reduction of palate size in modern populations.* Archs. oral Biol. *7* : 343 - 350.

[31] MOORE W. J., LAVELLE C. L. B. and SPENCE T. F. (in press).

[32] LYSELL L. (1958). *A biometric study of occlusion and dental arches in a series of mediaeval skulls from Northern Sweden.* Acta odont. scand. *16* : 177 - 203.

[33] HARDWICK J. L. (1960). *The incidence and distribution of caries throughout the ages in relation to the Englishman's diet.* Br. dent. J. *108* : 9 - 17.

[34] ASHLEY SIR WM. (1928). *The Bread of our Forefathers.* Clarendon Press, Oxford.

[35] KROGMAN W. M. (1951). *The problem of « timing » in facial growth, with special reference to the period of the changing dentition.* Amer. J. orthod. *37* : 253 - 276.

PHOTOCHIMIE ET POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

La ville de Los Angeles possède la particularité d'être fréquemment envahie par un « smog » dont certaines caractéristiques sont propres à cet endroit (odeurs désagréables, irritation des yeux, dommages considérables causés à la végétation). Les conditions donnant lieu à la formation du smog sont analysées. Les inversions de température fréquentes dans le bassin entourant la ville constituent un facteur primordial, en empêchant l'évacuation des composés nocifs. L'irradiation solaire joue également un rôle fondamental dans le processus. L'action du rayonnement solaire sur les composés présents dans les gaz d'échappement des voitures entraîne l'accumulation dans l'atmosphère de produits oxydants (ozone plus divers peroxydes organiques). Ces derniers sont responsables de la plupart des effets néfastes du smog; l'irritation des yeux s'explique par la formation, au cours des nombreuses réactions chimiques qui se produisent, d'acroléine, de formaldéhyde et de nitrates de peroxyacyl. Il s'avère ainsi que le trafic automobile intervient pour une très large part dans l'apparition du smog. L'article discute enfin la direction vers laquelle doivent s'orienter les mesures destinées à supprimer ce fléau.

La pollution atmosphérique constitue sans aucun doute un des problèmes les plus cruciaux avec lesquels se trouve confrontée notre civilisation. Les inconvénients qu'elle entraîne se présentent sous une variété d'aspects multiples, et il est à craindre qu'ils iront en augmentant, peut être même jusqu'à atteindre des proportions catastrophiques, si la société ne prend pas à temps des mesures adéquates en vue de réduire la quantité de matière toxiques déversées dans l'atmosphère.

Pour la santé de l'individu la pollution de l'air présente une menace pratiquement constante. La quantité de composés nocifs que le citadin inhale chaque jour est telle qu'il est inévitablement exposé à toute une gamme de troubles physiologiques. Ceci s'applique particulièrement à ceux qui ont le coeur et les poumons sensibles. Une hausse subite de la concentration en polluants peut à l'occasion être léthale: c'est ainsi que la brusque attaque de brouillard à Londres en 1952 causa 4.000 morts. Des conditions analogues amenèrent la mort de 22 personnes à Donora (Pennsylvanie) en 1948.

A côté du danger pour la santé humaine, la dégradation et l'usure des matériaux constituent un autre facteur important. On a estimé qu'aux Etats-Unis la dégradation des bâtiments entraîne par année une dépense d'environ 11 milliards de dollars. Les dommages causés à la végétation, enfin, ne sont pas à perdre de vue.

Au fur et à mesure que le niveau de vie s'améliore, que la prospérité augmente, l'acuité du problème va en s'accroissant. Plus de voitures circulent dans les rues, de nouvelles usines s'installent, de nouvelles centrales électriques sont érigées. La contamination de l'at-

mosphère suit forcément une courbe ascendante, dont l'extrapolation ouvre des perspectives angoissantes.

Si l'on veut trouver des moyens de lutte efficaces contre la pollution de l'air, un point essentiel est de comprendre tout d'abord les mécanismes donnant lieu à des conditions insalubres. De grands efforts ont été dépensés au cours des dernières années en vue d'élucider les processus par lesquels les polluants se forment et s'accumulent dans l'atmosphère.

En particulier, l'origine du smog caractéristique de Los Angeles est un problème auquel les chercheurs se sont acharnés. La question a longtemps intrigué ceux qui cherchent à la résoudre, et l'élucidation de la nature exacte des réactions chimiques amenant le smog se poursuit toujours à l'heure actuelle. La formation de ce smog est un phénomène propre à Los Angeles, phénomène dû en large partie à un concours singulier de circonstances fortuites dont l'analyse sera l'objet de cet article.

Comme l'origine du mot le laisse entrevoir, le smog est une combinaison de brouillard et de fumée. On observe que la pollution (provenant principalement de l'activité industrielle et du trafic automobile) renforce le brouillard: la visibilité est considérablement réduite, des odeurs désagréables se développent, et en outre une irritation des yeux et de la gorge se fait sentir. La présence d'irritants est propre au smog de Los Angeles et le différencie de celui des autres villes. Il est à remarquer que l'irritation des yeux se produit à Los Angeles alors que la concentration en polluants bien connus tels que SO_2, CO_2 ou la suie, est nettement plus faible qu'à New York ou à Londres, par exemple, où l'irritation est infiniment plus rare. L'apparition des irritants dans l'atmosphère doit donc s'expliquer par des circonstances ne se rencontrant qu'à Los Angeles. Les dommages causés à la végétation présentent également un problème sérieux pour cette ville.

Il faut signaler tout d'abord que les conditions météorologiques de la région entourant cette dernière ville sont telles qu'une inversion de température se produit très aisément à une certaine altitude. On sait qu'habituellement la température de l'air diminue progressivement au fur et à mesure que l'altitude augmente. Dans certains cas, cependant, il se fait que des masses d'air chaud s'établissent au-dessus de couches plus froides. La courbe de température en fonction de l'altitude décroît dès lors normalement jusqu'à un minimum, puis s'accroît au travers de la masse d'air chaud, pour diminuer ensuite de nouveau. La présence du minimum dans la courbe constitue ce qu'il est coutume d'appeler une inversion de température, phénomène qui présente le grave inconvénient d'empêcher l'évacuation des polluants. La masse chaude agit en effet comme un couvercle, empêchant le mouvement ascendant des gaz. A proximité du niveau du sol l'air devient stagnant, et les contaminants au lieu de se dissiper,

s'accumulent et peuvent atteindre des concentrations élevées. Ces inversions de température ne sont pas rares extrêmement sur notre planète. Elles se produisent à New York, par exemple au printemps et à l'automne, et peuvent maintenir les contaminants au voisinage du sol pendant plusieurs heures, ou même un jour ou plus. On en observe dans d'autres régions également, à Londres par exemple, où l'une d'entre elle causa l'attaque de brouillard désastreuse de 1952. Mais ce sont là des circonstances qui ne persistent en général jamais longtemps. A Los Angeles au contraire, la conformation physique du bassin, en même temps que les caractéristiques climatologiques de la région sont telles qu'on observe une inversion de température 260 jours par an en moyenne. La vitesse des vents est en général assez basse, la ventilation est ainsi très déficiente, et une nappe stagnante d'une épaisseur d'une centaine de mètres peut recouvrir la région pendant trente à cinquante jours.

On est donc en présence de causes naturelles, liées à un accident géographique, qui expliquent la fréquence et l'intensité des attaques du smog. L'irritation des yeux causée par ce dernier n'est toutefois pas expliquée par ces seules conditions physiques. L'activité industrielle de la région n'est pas différente de celle d'autres villes, et cependant ce n'est qu'à Los Angeles que l'irritation est observée avec une telle intensité. Quelle est la nature exacte des irritants et comment ils se forment, telle est la question à laquelle les chercheurs ont dû s'atteler.

Les premières manifestations du smog se produisirent en 1943. Durant des années de nombreux efforts furent dépensés pour attaquer ce problème déroutant, et ce n'est qu'aux environs de 1950 que la nature du phénomène conmmença à être élucidée [1]. On avait observé que durant les périodes de smog l'air possédait des propriétés oxydantes prononcées. Il fut démontré que l'ozone était un des principaux agents oxydants; ce composé, possède la propriété de détériorer le caoutchouc [2], et l'observation de la dégradation prononcée des pneus d'automobile dans l'atmosphère de Los Angeles conduisit à son identification. On le considéra dès lors comme agent primordial dans les manifestations caractéristiques du smog.

L'ozone (O_3) se trouve normalement dans l'atmosphère à raison de 0,02 à 0,03 parties par millions (ppm). Des analyses permirent d'établir qu'à Los Angeles les manifestations du smog étaient étroitement liées à la concentration de ce composé, qui peut atteindre jusqu'à 0,3 ppm [3]. Le fait que la concentration en ozone, de même que le smog, tombe toujours à un point extrêmement bas la nuit, conduisit les chercheurs à suggérer une origine photochimique pour le smog de Los Angeles. L'irradiation solaire est en effet plus intense en cet endroit que dans les autres villes affectées de brouillard.

On peut concevoir que l'ozone se forme à la suite de la photolyse

du bioxyde d'azote par la lumière solaire. Le bioxyde d'azote se trouve en abondance dans l'atmosphère et provient en majeure partie des gaz d'échappement des véhicules à moteur (parmi les autres sources d'émission, on trouve les centrales électriques, les appareils de chauffage, et certaines industries).

On aurait dès lors les réactions suivantes [4]:

$$NO_2 + h\nu \rightarrow NO + O \quad (1)$$

$$O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M \quad (2)$$

(La présence du troisième corps M dans la collision est nécessaire pour absorber l'excédent d'énergie présent dans le système et permettre ainsi la formation de O_3).

L'ozone réagit toutefois très rapidement avec l'oxyde d'azote produit par la première réaction de photolyse:

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2 \quad (3)$$

Le résultat global des trois réactions ci-dessus est un état stationnaire correspondant à l'équilibre suivant:

$$NO_2 + O_2 + h\nu \rightleftharpoons NO + O_3 \quad (4)$$

Cependant, des recherches effectuées sur l'irradiation du bioxyde d'azote en présence d'air ou d'oxygène indiquent que si l'on travaille sur des composés purs, exempts de trace de substances organiques, les concentrations en oxyde nitrique et en ozone sont extrêmement faibles [3]; la concentration en ozone, en particulier, est beaucoup plus faible que celle qu'on observe dans le smog. Un mécanisme plus complexe doit par conséquent être évoqué pour expliquer l'accumulation de l'ozone propre au smog. Des recherches faites sur des systèmes d'irradiation expérimentaux ont porté sur le rôle que peuvent jouer les différents hydrocarbures présents dans les gaz d'échappement des voitures [1,4-11]. L'irradiation de mélanges d'hydrocarbures et d'oxydes d'azote a révélé que la présence d'hydrocarbures a pour effet de détruire l'équilibre [4]. Les réactions qui se produisent dans ce milieu sont extrêmement variées et ne sont pas encore bien connues; l'on est encore réduit à l'heure actuelle à spéculer sur les mécanismes qui entrent en jeu. L'oxydation des composés organiques donne lieu à la formation de peroxydes, et ces derniers jouent incontestablement un rôle dans l'apparition de l'ozone en quantités appréciables. Les peroxydes sont aussi, fort probablement, responsables dans une large mesure de l'odeur du smog [6]. Il semble bien que des radicaux libres interviennent dans les processus d'oxydation. Au cours de l'évolution des systèmes irradiés, on observe tout d'abord une décroissance de la concentration en oxyde nitrique, après quoi on remarque une accumulation de l'ozone. Nous n'entrerons pas ici dans les détails des réactions qui ont été proposées pour rendre compte des faits observés

[12]. De nombreux essais ont été effectués sur une gamme de composés organiques en vue d'étudier l'efficacité des différentes substances dans l'apparition de l'ozone [4-11]. Ces travaux ont permis d'établir que les composés oléfiniques sont en général plus efficaces que les composés aliphatiques. Il se fait précisément que les gaz d'échappement contiennent des substances oléfiniques en abondance. De telles recherches ont également éclairci le problème de l'irritation des yeux; elles ont en effet établi la présence, parmi les produits de réaction, de formaldéhyde, d'acroléine et de nitrates de peroxyacyl [4,9-12], produits qui sont connus comme irritants des yeux. Il faut noter également que les dommages causés à la végétation trouvent aussi leur origine dans les composés formés dans les réactions d'oxydation mentionnées plus haut.

Puisqu'on a pu établir que le smog photochimique provenait essentiellement de l'oxydation de composés organiques en présence d'oxydes d'azote, il est clair que le facteur principal dans cette question provient de la circulation automobile. L'irradiation de mélanges gazeux contenant des vapeurs d'essence d'auto et des oxydes d'azote permet d'ailleurs de confirmer ce point, par l'apparition d'ozone [3]. L'irradiation de gaz d'échappement fournit, en outre, un résultat analogue [5, 13, 19]. Ces systèmes expérimentaux provoquent aussi une irritation des yeux, ce qui ne laisse aucun doute sur l'origine du phénomène.

Il apparaît donc qu'il y a une relation de cause à effet entre la nature photochimique du smog de Los Angeles et les particularités qui le caractérisent. C'est à l'action combinée de plusieurs facteurs que sont dus les effets du smog: la présence dans l'atmosphère de composés organiques et d'oxydes d'azote, provenant principalement du trafic automobile, l'irradiation solaire, et la dispersion très lente des polluants.

Quant à la réduction de la visibilité liée au smog, on peut l'attribuer principalement à la formation d'aérosols par irradiation de l'anhydride sulfureux, SO_2 [20]. Le bioxyde d'azote contribue à l'abaissement de la visibilité par son absorption de la lumière, mais ce composé intensifie également la formation des aérosols dus à l'anhydride sulfureux [21]. On a observé en outre que l'irradiation de mélanges de différents hydrocarbures aromatiques et de NO_2 produit aussi des aérosols [1, 9, 22]. Il semble donc que les facteurs photochimiques responsables de l'irritation des yeux jouent également un certain rôle dans la réduction de la visibilité.

On peut se rendre compte d'après ce qui précède que la formation du smog représente un problème d'une complexité considérable. Les moyens de lutte contre le smog doivent évidemment être orientés vers la réduction de la concentration des polluants dans l'atmosphère, mais on a remarqué que la réduction en concentration de certains composés peut produire des effets inattendus: c'est ainsi qu'un abais-

sement de la concentration en oxydes d'azote peut dans certains cas donner lieu à un accroissement de la production d'ozone [23]. Cette observation montre bien combien le problème est délicat. Les chercheurs sont d'accord pour penser qu'un contrôle de l'émission des hydrocarbures dans l'atmosphère contribuerait à réduire les effets photochimiques du smog. En ce qui concerne les oxydes d'azote, il semble bien qu'un assainissement de l'atmosphère ne peut s'obtenir que par un contrôle très sévère des composés. Ce n'est qu'en abaissant fortement la concentration des oxydes d'azote au dessous de 0,1 ppm qu'un effet favorable sera obtenu.

Il est clair que la suppression du smog photochimique nécessitera encore plusieurs années d'études. Mais la gravité du problème justifie sans aucun doute l'investissement de sommes d'argent et d'efforts considérables.

New York, New York University, Department of Chemistry.

L. BURNELLE

BIBLIOGRAPHIE

[1] A. J. HAAGEN-SMIT. - Ind. Eng. Chem. *44*, 1342 (1952).

[2] J. CRABTREE et A. R. KEMP. - Ind. Eng. Chem. *38*, 278 (1946).

[3] A. J. HAAGEN-SMIT, C. E. BRADLEY et M. M. FOX. - Ind. Eng. Chem. *45*, 2086 (1953).

[4] E. R. STEPHENS. - Chemical Reactions in the Lower and Upper Atmosphere, p. 51 (R.D. Cadle, Ed., Interscience, 1961).

[5] A. J. HAAGEN-SMITH et M. M. FOX. - Air Repair *4*, 105 (1954).

[6] A. J. HAAGEN-SMITH et M. M. FOX. - Ind. Eng. Chem. *48*, 1484 (1956).

[7] E. R. STEPHENS, E. F. DARLEY, O. C. TAYLOR et W. E. SCOTT. - Intern. J. Air and Water Pollution *4*, 79 (1961).

[8] C. S. TUESDAY. - Chemical Reactions in the Lower and Upper Atmosphere, p.1 (R.D. Cadle, Ed., Interscience, 1961).

[9] E. A. SCHUCK et G. J. DOYLE. - Rapport n° 29, Air Pollution Foundation, San Marino, Calif. (Oct. 1959).

[10] E. A. SCHUCK, G. J. DOYLE et N. ENDOW. - Rapport n° 31, Air Pollution Foundation, San Marino, Calif. (Dec. 1960).

[11] A. P. ALTSHULLER et I. R. COHEN. - Intern. J. Air and Water Pollution *6*, 787 (1963); ibid. *7*, 1043 (1964).

[12] Pour une discussion plus détaillée de ces réactions, voir A. P. ALTSHULLER et J. J. BUFALINI, Photochem. and Photobiol. *4*, 97 (1965).

[13] E. A. SCHUCK et G. J. DOYLE. - Rapport n° 26, Air Pollution Foundation, San Marino, Calif. (1958).

[14] M. W. KORTH, R. C. STAHMAN et A. H. ROSE. - J. Air Poll. Control Assoc. *14*, 168 (1964).

[15] P. W. LEACH, L. J. LENG, T. A. BELLAR, J. E. SIGSBY et A. P. ALTSHULLER. - J. Air Poll. Control Assoc. *14*, 176 (1964).

[16] A. P. ALTSHULLER et P. W. LEACH. - Intern. J. Air and Water Pollution *8*, 37 (1964).

[17] L. G. WAYNE et J. C. ROMANOVSKY. - Chemical Reactions in the Lower and Upper Atmosphere, p.71 (R.D. Cadle, Ed., Interscience, 1961).

[18] A. H. ROSE, R. C. STAHMAN et M. W. KORTH. - J. Air Poll. Control Assoc. *12*, 468 (1962).

[19] J. E. SIGSBY, T. A. BELLAR et L. J. LENG. - J. Air Poll. Control Assoc. *12*, 522 (1962).

[20] E. R. GERHARD et H. F. JOHNSTONE. - Ind. Eng. Chem. *47*, 972 (1955).

[21] N. A. RENZETTI et G. J. DOYLE. - Intern. J. Air Pollution *2*, 327 (1960).

[22] M. J. Prager, E. R. STEPHENS et W. E. SCOTT. - Ind. Eng. Chem. *52*, 521 (1960).

[23] *The Oxides of Nitrogen in Air Pollution*, rapport publié par le Bureau of Air Sanitation, Department of Public Health, State of California, Berkeley, Calif. (Janvier 1966).

ACTION DES INTERMITTENCES RÉGULIÈRES ET IRRÉGULIÈRES D'ÉCLAIREMENT ET D'OBSCURCISSEMENT SUR LE RYTHME NYCTHÉMÉRAL D'ACTIVITÉ DE *PORCELLIO scaber* LATR. (PORCELLIONIDAE, ISOPODES)

A l'aide d'un actographe nous avons testé chaque fois 250 cloportes au cours de 6 expériences, qui ont duré chacune 22 jours. Nous avons déterminé ainsi, le rôle des périodes alternatives régulières (1 - 2 - 3) et irrégulières d'éclairement et d'obscurcissement dans le rythme nycthéméral d'activité motrice. L'analyse de nos résultats, à l'aide de différentes méthodes statistiques, nous a permis de faire un certain nombre de remarques. Le nombre d'individus morts, au cours de chaque essai, n'a eu aucune incidence sur la moyenne horaire du nombre des déplacements. La lumière périodique, dans les conditions expérimentales, n'a pas influencé, plus que d'autres facteurs naturels, la survie des individus. L'activité motrice est perturbée seulement lorsque Porcellio *subit 1 ou 2 ou 3 périodes alternatives d'éclairement et d'obscurcissement par 24 heures. Sous l'effet des différents traitements lumineux, les individus ont été sensibilisés sans pour cela réagir préférentiellement à l'un d'entre eux. La suppression du rythme se produit lorsque la phase d'éclairement de 12 heures à 24 heures suit celle d'obsurcissement de 0 heure à 12 heures ou lors des intermittences irrégulières. En faisant varier le nombre de périodes et la durée d'éclairement pendant le nycthémère, nous avons démontré qu'il n'existait aucune interaction entre ces deux facteurs.*

Très récemment, lors d'une étude de l'action de la lumière sur le rythme d'activité motrice de *Porcellio scaber*, nous avons mis en évidence un certain nombre de faits:

1) Le rythme d'activité est lié au cycle de la lumière.
2) Son inversion ou sa suppression peut être déclenchée par une modification de la durée ou de la période d'éclairement.
3) La sensibilité de ces organismes à la lumière est notable, puisque leur cycle peut être perturbé avec une intensité lumineuse seulement de 230 lux.

TECHNIQUES. — Deux cent cinquante cloportes[1] sont placés dans une enceinte en matière plastique de 950 cm², comprenant deux compartiments communiquant par un couloir permettant le passage d'une case à l'autre. Le contrôle des déplacements s'effectue à l'aide d'un couple projecteur-récepteur relié à un amplificateur et à un enregistreur. A l'une des extrémités de l'habitat, nous avons placé de la nourriture (racines et tigelles de blé) et à l'autre, une cache pouvant abriter ces animaux lucifuges. Pour assurer leur survie nous les avons

[1] Dans une note récente, MENER B. a montré que dans des rassemblements de 15 à 400 individus, le rythme nycthéméral d'activité augmente proportionnellement à la densité de population.

faits évoluer sur un plancher en plâtre maintenu constamment humide. Pendant toute la durée des expériences (152 jours), les tests ont été effectués dans une pièce régulée à la température de 21°, réalisant ainsi des conditions favorables à la reproduction des cloportes.

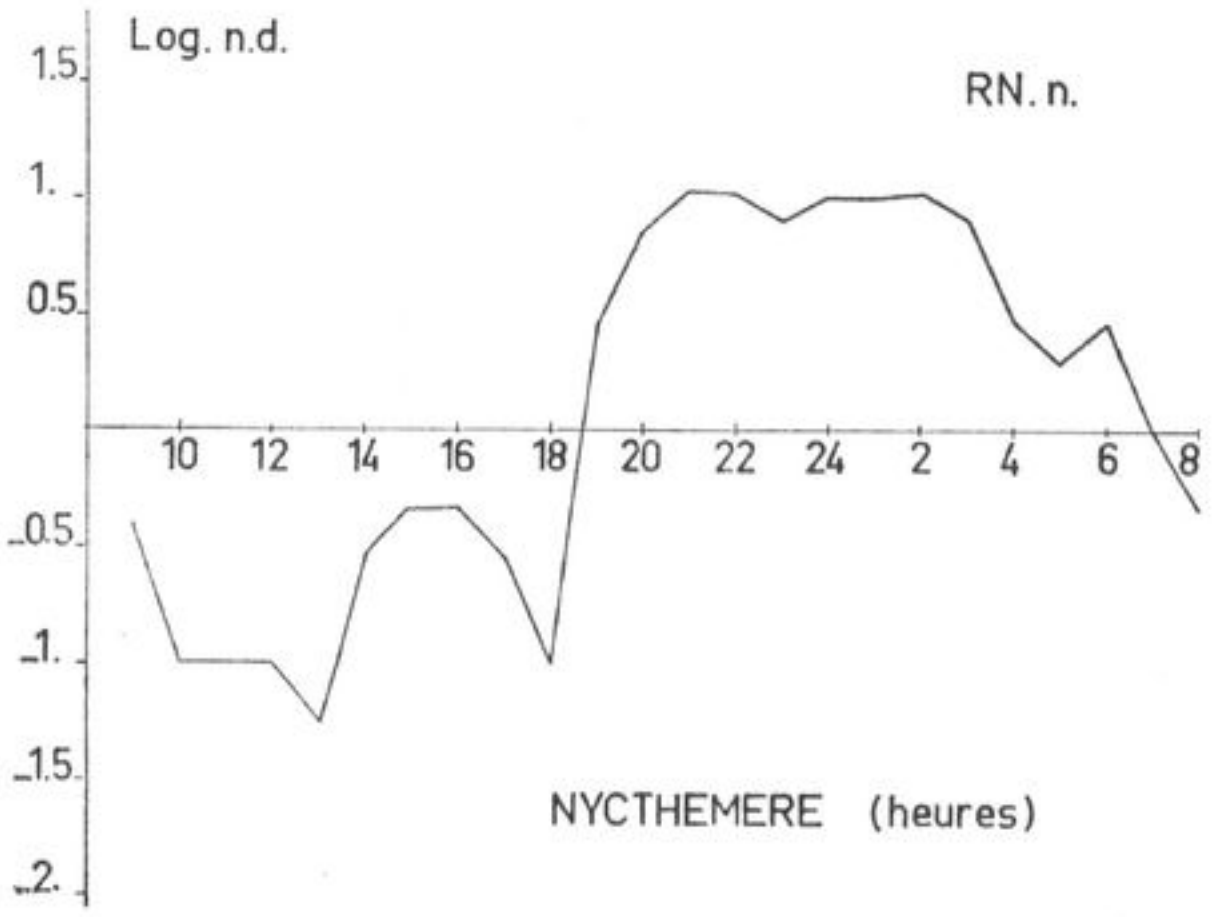


Fig. 1

En ordonnée: Logarithme de la moyenne horaire du nombre de déplacements (log.n.d.) En abscisse: Temps exprimé en heures.

R.N.n.: Rythme nycthéméral d'activité des animaux n'ayant pas subi l'action des intermittences d'éclairement et d'obscurcissement.

L'utilisation d'une cloche aux parois opaques, nous a donné l'occasion de toujours travailler en milieu isotrope et d'éviter toute interférence entre les éclairements naturel et artificiel.

Nous avons enregistré le rythme nyctéméral normal d'activité d'un lot de 250 individus. Nous leur avons fait subir ensuite, par période chacune de 22 jours, successivement, l'action des intermittences régulières et irrégulières.

INTERMITTENCES RÉGULIÈRES

6	périodes	alternatives	d'éclairement	et	d'obscurcissement	par	24 H.	(I.R.2)
3	»	»	»	»	»	»	»	(I.R.4)
2	»	»	»	»	»	»	»	(I.R.6)
1	»	»	»	»	»	»	»	(I.R.12)

INTERMITTENCES IRRÉGULIÈRES

De 0 H. à 24 H.

Périodes d'éclairement	*Périodes d'obscurcissement*
1° cas (I.I.3-5)	
3 H. - 8 H.	0 H. - 3 H.
15 H. - 24 H.	8 H. - 15 H.
2° cas (I.I.9-7)	
0 H. - 9 H.	9 H. - 16 H.
16 H. - 21 H.	21 H. - 24 H.

Au début de chaque épreuve, les individus morts lors de l'essai précédent sont remplacés par des vivants, pour éviter toute perturbation du rythme d'activité, pouvant résulter des fluctuations de la densité de la population.

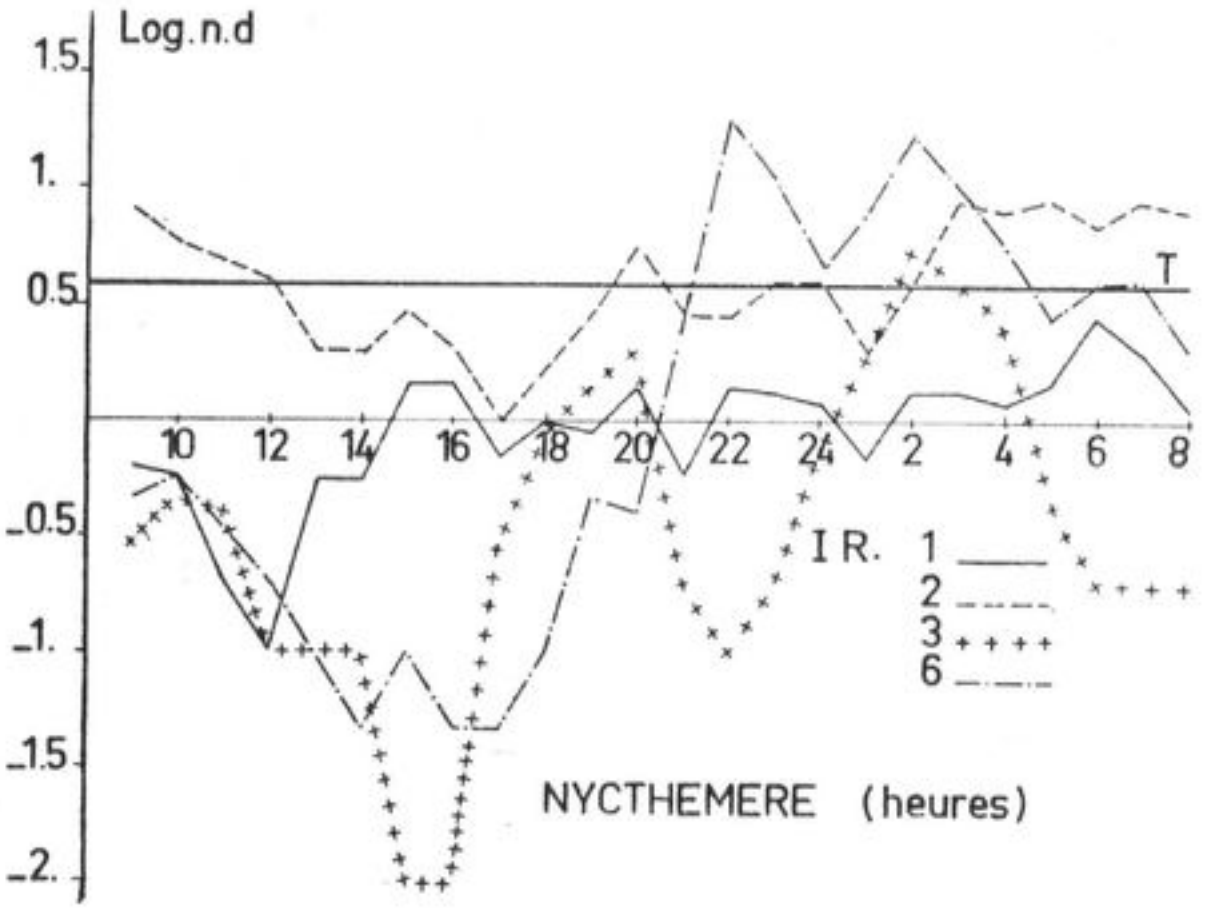


Fig. 2

En ordonnée: Logarithme de la moyenne horaire du nombre de déplacements (log.n.d.) En abscisse: Temps exprimé en heures.

(1 - 2 - 3 - 6 I.R.): Une ou deux ou trois ou six périodes alternatives d'éclairement et d'obscurcissement en 24 heures.

T.: Tracé continu: niveau de référence de la moyenne horaire des déplacements des animaux qui n'ont pas subi l'action de l'éclairement.

Tracé continu: 1 période

En tirets: 2 périodes

Figuré en petites croix: 3 périodes

En tirets et pointillés: 6 périodes.

ANALYSE STATISTIQUE DES RÉSULTATS. — Nous avons appliqué quatre méthodes de calcul: le test t. de la différence de moyennes, l'analyse de variance et le calcul du rapport de variance, le test de TUKEY et l'interprétation des résultats d'une expérience factorielle, conçue de manière à étudier l'action de deux facteurs dans toutes leurs combinaisons, soit séparément, soit ensemble.

Les deux premières, très rapides, s'utilisent couramment en Biologie, la troisième, d'un usage plus restreint, au calcul assez long, permet cependant de procéder à une analyse plus fine des résultats. On peut, par cette méthode (test de TUKEY) classer les moyennes, c'est à dire, établir que le traitement n° 4 est meilleur que le n° 1, ou que le n° 2 est meilleur que le n° 4. L'interprétation des résultats d'une expérience factorielle, nous informe de l'interaction de deux facteurs.

TABLEAU I

Rythmes nycthéméraux

Intermittence d'éclairement et d'obscurcissement	*Moyenne horaire du nombre de déplacements*	*Valeur calculée de t.*	*Valeur lue de t. dans la table*		*Signification de la différence de moyennes*
Sans	3,96	D.L. 33	D.L. 30	D.L. 40	
			0,05	0,05	
I.R. 2	4,33	0,27	2,04	2,02	0
I.R. 2	4,33	D.L. 36		"	
I.R. 4	1,05	2,98			+
I.R. 4	1,05	D.L. 37		"	
I.R. 6	4,90	3,10			+
I.R. 6	4,90	D.L. 36		"	
I.R. 12	1,04	3,03			+
I.R. 12	1,04	D.L. 33		"	
I.I. 3-5	1,84	1,45			0
I.I. 3-5	1,84	D.L. 34		"	
I.I. 9-7	3,27	1,78			0

Voir légende page 2.

Avant d'interpréter nos résultats nous devons chercher si les différentes expositions à la lumière, subies par les animaux, ne sont pas en cause dans la modification du rythme nycthéméral d'activité.

TABLEAU II

Intermittence d'éclairement et d'obscurcissement	*Nombre d'individus au début de chaque expérience*	*Nombre d'individus à la fin de chaque expérience*	*Nombre total de morts à la fin de chaque expérience*
Sans	250	230	20
I.R. 2	250	229	21
I.R. 4	250	228	22
I.R. 6	250	203	47
I.R. 12	250	195	55
I.I. 3-5	250	209	41
I.I. 9-7	250	187	73

Le r de corrélation calculé[1] entre les moyennes horaires des déplacements au cours des différents tests et le nombre de morts respectifs, nous indique que l'activité n'est pas liée au nombre des disparus. Par conséquent, la lumière n'a pas eu, dans les conditions expérimentales, plus d'influence que d'autres facteurs naturels sur la survie des cloportes.

ACTION DE LA LUMIÈRE SUR LE RYTHME NYCTHÉMÉRAL D'ACTIVITÉ. — Lorsque les cloportes se trouvent exposés successivement et plusieurs fois à la lumière et à l'obscurité, suivant le protocole expé-

[1] Pour n = 5, la valeur calculée de r (—0,106) étant inférieure à celle de la table (0,755) pour P = 0,05, la corrélation n'indique pas un degré d'association entre la moyenne horaire des déplacements et le nombre de morts dans les différents cas.

rimental, leur activité motrice est modifiée sauf, dans les cas où ils subissent l'action de 6 périodes d'éclairement, chacune de 2 heures, et dans ceux où les intermittences sont irrégulières (Tableau I - fig. 2 - 3).

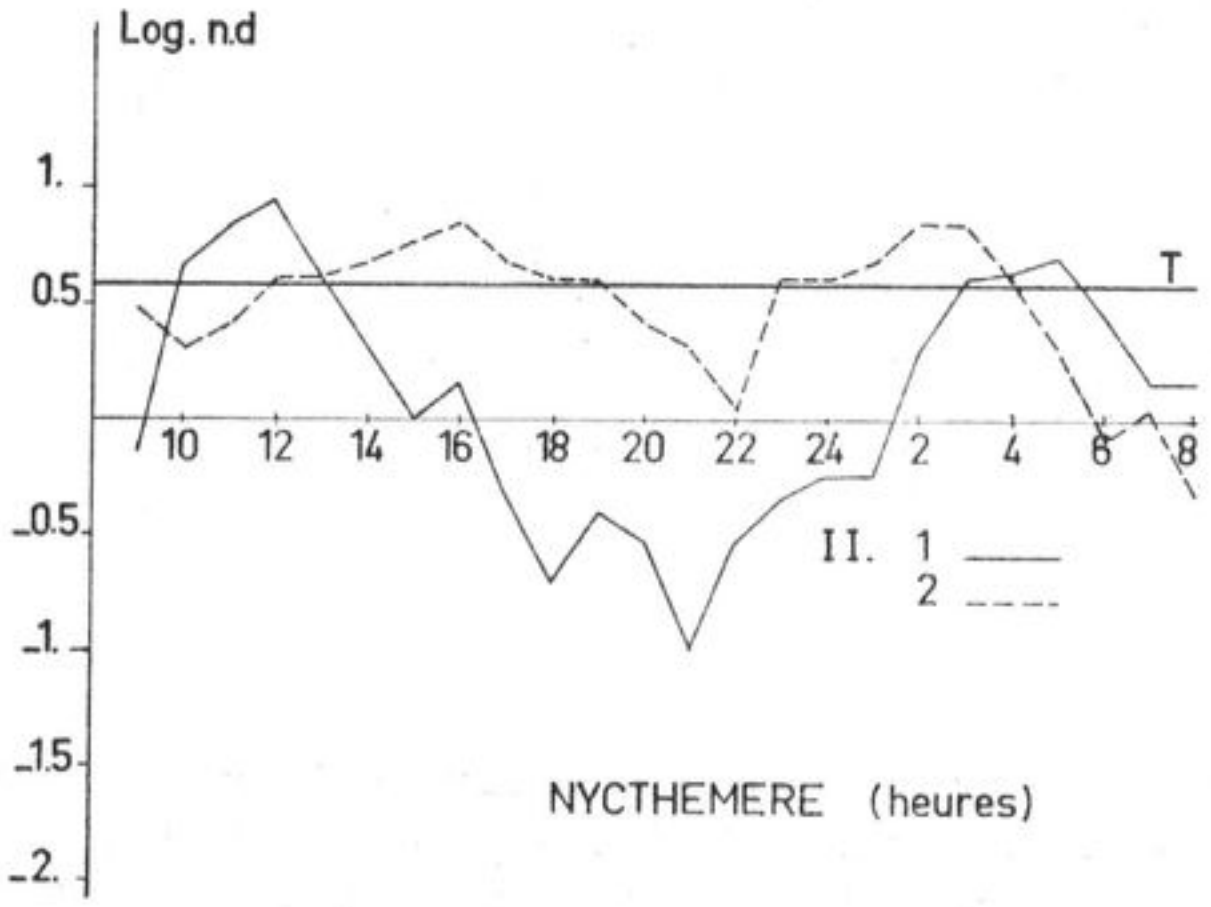


Fig. 3

En ordonnée: Logarithme de la moyenne horaire du nombre de déplacements (log.n.d.) En abscisse: Temps exprimé en heures.
I.I.: Intermittence irrégulière d'éclairement et d'obscurcissement.
T.: Tracé continu: niveau de référence de la moyenne horaire des déplacements des animaux qui n'ont pas subi l'action de l'éclairement.

1: tracé continu

périodes d'obscurcissement	*périodes d'éclairement*
0 H. à 3 H.	3 H. à 8 H.
8 H. à 15 H.	15 H. à 24 H.

2: tracé en tirets

9 H. à 16 H.	0 H. à 9 H.
21 H. à 24 H.	16 H. à 21 H.

COMPARAISON DES DIFFÉRENTS TRAITEMENTS. — Pour ce faire, nous avons effectué une analyse de variance et appliqué le test de TUKEY.

Résultats

Intermittence d'éclairement et d'obscurcissement	*Somme des moyennes horaires des déplacements*	*Nombre de données*
I.R. 2	82,34	19
I.R. 4	20,08	19
I.R. 6	98,14	20
I.R. 12	18,75	18
I.I. 3-5	31,40	17
I.I. 9-7	71,30	19
	322,01	112

Analyse de variance[1]

Source de variation	*Somme des carrés*	*D.L.*	*Carrés moyens*	*F.*
Expériences	276	5	55	5,00
Erreur	1.187	106	11	

La valeur de F. se calcule en faisant le rapport entre la variance pour « expériences » et celle pour « erreur ».

F. 0,05 pour 5 et 106 D.L. = 2,30

5,00 > 2,30

Donc, au seuil de probabilité de 5%, il y a une différence significative entre les différentes modalités d'éclairement. Autrement dit, l'éclairement modifie le rythme d'activité.

Test de TUKEY

Moyennes arrangées par ordre décroissant.

4,90 - 4,33 - 3,27 - 1,84 - 1,05 - 1,04

Des 5 différences entre les moyennes successives, aucune ne dépasse 3,78 = tSd (plus petite différence significative).

— La moyenne générale est de 2,73.

— Valeur de Z^1 : 0,88.

La valeur 0,88 trouvée ne dépasse pas la valeur critique de la distribution normale pour le niveau de 5%, qui est égale à 1,96. Les 6 moyennes ne sont pas significatives entre elles. Donc sous l'effet des différentes modalités d'éclairement, *Porcellio scaber* a accusé des variations dans le rythme nycthéméral d'activité, sans pour cela réagir préférentiellement à l'une quelconque de ces conditions.

PERSISTANCE DU RYTHME NYCTHÉMÉRAL

TABLEAU III

Intermittence d'éclairement et d'obscurcissement	*Moyenne horaire du nombre de déplacements*		*Valeur calculée de t.*	*Valeur lue de t. dans la table*		*Signification de la différence de moyennes*
	jour	*nuit*				
			D.L. 30	D.L. 30 0,05	D.L. 40 0,05	
Sans	0,30	6,55	6,94	2,04	2,02	+
I.R. 2	0,27	7,20	D.L. 36 4,74	»		+
I.R. 4	0,29	1,58	D.L. 36 3,68	»		+
I.R. 6	3,51	6,06	D.L. 38 2,52	»		+
I.R. 12	0,77	1,26	D.L. 36 1,75			0
I.I. 3-5	3,03	2,05	D.L. 34 0,71	»		0
I.I. 9-7	4,63	3,46	D.L. 36 1,00			0

[1] L'analyse de variance sert à tester l'égalité des moyennes et par conséquent à nous rendre compte de l'efficacité des procédés expérimentaux.

Les cloportes, actifs la nuit, arrivent à maintenir leur cycle d'activité motrice tant que la durée des phases d'éclairement et d'obscurcissement ne dépasse pas 6 heures. La suppression du rythme se produit, lorsque la phase d'éclairement de 12 heures à 24 heures suit celle d'obscurcissement de 0 heure à 12 heures, ou lors des intermittences irrégulières.

$$^1Z = \frac{\dfrac{m - \bar{m}}{Sm} - \dfrac{6}{5} \log. 10^k}{3\left(\dfrac{1}{4} + \dfrac{1}{n}\right)}$$

$\bar{m}$: moyenne générale
m : moyenne la plus aberrante du groupe
Sm : erreur type de la moyenne
k : nombre de moyennes
n : nombre de degrés de liberté pour l'erreur.

INTERACTION DES FACTEURS: NOMBRE DE PÉRIODES D'ÉCLAIREMENT ET DURÉE DE L'ÉCLAIREMENT. — En organisant une expérience suivant le schéma factoriel, nous avons voulu voir si les deux facteurs envisagés avaient une influence réciproque. Nous considérons le facteur A à deux niveaux: 1 et 6 périodes d'éclairement (au total 12 heures d'éclairement par 24 heures) et le facteur B aux niveaux 12 heures et 14 heures d'éclairement (2 périodes d'éclairement par 24 heures).

Résultats

Source de variation	*Somme des carrés*	*D.L.*	*Carrés moyens*	*F.*
Nombre de périodes d'éclairement	9.467	1	9.467	16,00
Durée de l'éclairement	3.425	1	3.425	5,00
Interaction A.B.	161	1	161	0,27
Erreur	35.266	60	587	

F. 0,05 = 4,00 F. 0,01 = 7,08

0,27 < 4,00

Le test F. révèle que l'interaction n'est pas statistiquement significative. Autrement dit, l'effet éventuel du nombre de période d'éclairement reste identique, qu'on augmente ou diminue la durée d'exposition. Et l'effet de la durée de l'éclairement est semblable, qu'on augmente ou non le nombre des phases lumineuses.

En résumé, à la fin de chacune des six expériences le nombre de survivants s'est avéré différent, indépendant des divers traitements et sans aucune incidence sur le rythme nycthéméral d'activité.

Lorsque *Porcellio* subit par phase, chacune de vingt deux jours, successivement, l'action de 6 ou 3 ou 2 ou 1 périodes alternatives d'éclairement et d'obscurcissement par 24 heures, son activité motrice diminue, à l'exception de la première catégorie de test (6 périodes) et des intermittences désordonnées (méthode du test t. de la différence de moyennes).

En pratiquant l'analyse de variance et en appliquant le test de TUKEY, nous avons démontré que la lumière discontinue modifie l'activité; cependant il ne nous a pas été possible de comparer dans leur efficacité les divers traitements.

Enfin, la persistance du rythme nycthéméral d'activité s'est toujours produite, sauf dans les conditions suivantes: phase d'éclairement de 12 heures à 24 heures (I.R. 12) et lors des intermittences irrégulières.

Nantes, Université, Faculté des Sciences.

L. AMOURIQ

BIBLIOGRAPHIE

AMOURIQ L., 1965. *L'activité d'une population de trois cents cloportes* Porcellio scaber *LATR.* (Oniscidae - Isopodes). Bull. Soc. Zoo. France, T. XC, n° 5 - 6, pp. 551-557.

AMOURIQ L. *Rôle de l'éclairement dans le rythme nycthéméral d'activité chez* Porcellio scaber *LATR.* (Oniscidae - Isopodes). Revue Comport. Animal (sous presse).

AMOURIQ L. *Rôle de l'éclairement dans le rythme nycthéméral d'activité chez* Lithobius forficatus L. (Lithobiidae - Chilopodes). Rev. Comport. Animal (sous presse).

MENER B. *Mise en évidence de l'effet de groupe et du phénomène sub-social chez* Porcellio scaber *L. LATR.* (Oniscidae - Isopodes terrestres). Rev. Comport. Animal (sous presse).

WATERMAN T. H., 1960. *The physiology of Crustacea.* Vol. I et II. Edit. Academic Press, New-York and London.

THE SENSORY EFFECTS OF AGING IN MAN

In 1958, the number of civilian non-institutionalized individuals in the United States who were 65 years of age or older was estimated to be about 14.4 million. With an increase of approximately 1,000 per day, this population is predicted to be between 21 and 23 million by 1975[1]*. There is, therefore, a growing interest in the problems of aging as the average life span of the population increases. At one level of analysis, it is important for theoretical and practical reasons to understand how aging tends to affect the sensory functions in man and the extent to which such changes produce modifications of behavior. Accordingly, this review is concerned primarily with studies in experimental psychology which show a relationship between human aging and sensory processes. The major emphasis is on the empirical findings in the areas of vision, audition, gustation, olfaction, pain, touch, and vibration. Some data on selected perceptual functions are also included and it is shown that no single theory or hypothesis can account for the diversity of data currently available. The evidence indicates clearly that significant changes occur in sensory and perceptual functions as a function of aging and the implications of these changes in relation to human behavior are discussed. In effect, this paper summarizes the present state of knowledge in the area of aging and the human senses and should suggest new guidelines for future research in a relatively young and promising field.*

1. - INTRODUCTION. — This is a paper on aging. Birren (1964) has defined the subject matter of the psychology of aging as the « description and explanation of the evolution of adult behavior over the life span. This includes the study of capacities, skills, feelings, emotions, and social behavior as they differentiate in the adult with age » (p. 10). In the present paper, however, only that portion of the psychology of aging which deals with sensory capacities will be considered in detail.

The purpose of this paper, then, is to present a comprehensive review of the scientific evidence on the effects of aging on the human senses. Nevertheless, the intent is not to catalog all of the studies which have appeared in the literature on this topic, but to cite those investigations that have revealed the most significant behavioral changes due to the aging process. Also, this paper will not be concerned with studies performed on diseased or sick individuals. The objective is to examine man's sensory processes in relation to those functional modifications which normally may be expected to occur with advancing age. The basic premise is that a thorough analysis of the sensory effects of aging will not only reveal particular relationships which are theoretically important, but will provide information of practical significance in the welfare of civilized man.

2. - THE MEANING OF AGING. — From a general viewpoint, aging is concerned with those characteristic patterns of change which occur in later life and which are distinguishable from those changes due to

[1] MCCONNELL J. W. - *The impact of aging on the economy.* J. Gerontol., 1958 13, 42-47.

disease or fortuitous circumstances of human living. Thus, aging denotes changes which are normally expected in all members of a given species, although these changes may occur in various degrees and at different rates. Such changes are determinate and, therefore, predictable, assuming the availability of adequate and sufficient scientific knowledge. However, there is no valid justification at the present time for defining aging as the result of a *single* variable which controls the various manifestations of late adulthood.

While the term « aging » refers to changes which are closely related to chronological time, the two concepts (aging and time) are not synonymous. The life cycle of man is so affected by the demands of society and the physical features of development, maturity, and senescence are so varied that it is not possible to utilize a single graphical function to illustrate the complete life cycle with its different periods and rates of change. The rate of change in a graph depicting human maturation and senescence would be expected to be different depending upon the particular variables which are measured—these could be biological, psychological or sociological.

From this, it follows that three kinds of aging may be distinguished: biological, psychological, and sociological (Birren, 1964). Biological age is closely related to chronological age and indicates the individual's present status relative to his potential life span. The primary characteristic of biological aging is the life expectancy of the particular species to which the organism belongs; biological age is derived from a set of anatomical and physiological measurements. According to Sacher (1965), « most experimental biologists implicitly accept the proposition that biological aging can be explained by characterizing the changes that occur with time in the molecular composition of the organism » (p. 99).

Psychological age is a function of chronological age and biological age, but extends beyond the combination of these factors. It refers primarily to the ability of the individual to adapt to his environmental circumstances. Psychological age is, therefore, derived from the observations of the individual's behavior or from his subjective reactions towards himself and his environment. The measures of psychological age define the adaptive capacity of the individual.

Finally, sociological age is a function of chronological, biological, and psychological age, but is not completely defined by these factors. Sociological age is related to the social habit-patterns and cultural roles of the individual relative to the modal expectations which are imposed by his peer group and society in general. At a given chronological age, society expects an individual to exhibit certain behavioral patterns; these expectancies have evolved over long periods of time in the history of society and are powerful forces in determining the nature of interpersonal and intergroup relationships. Societies often

have well-established age-status systems within which sociological age may be defined.

It is seen, therefore, that aging may have a wide variety of meanings—in broad terms, biological, psychological, and sociological. The contents of the present paper are restricted to aging in terms of psychological functioning and, more precisely, as indicated in the introduction, to sensory behavior.

3. - Sensory Processes and Human Behavior. — Psychology, as the scientific study of the behavior of living organisms, is concerned with the relationship of behavior to the physical and social forces in the environment. Although several other sciences study organismic behavior in one form or another, it is the unique task of psychology to determine the manner in which environmental forces elicit and modify behavior, and to investigate how, in turn, the resulting behavior alters these forces (Corso, 1967a). Much of this work is carried on within the restricted segment of psychology commonly designated as experimental psychology.

One aspect of experimental psychology deals with man's sensory and perceptual processes. These processes, like all other normal psychological functions, involve integrated behavior-patterns consisting of sensory-neural-muscular components. From a theoretical viewpoint, these processes cannot be separated justifiably from the total response-patterns of behaving organisms; nevertheless, the separation can be made on an arbitrary basis since it provides a convenient unit of study of psychological subject matter and research methodology.

Most contemporary psychologists are agreed that all behavior is initiated by some form of stimulation (Rozeboom, 1960). This stimulation may originate from conditions which are present either within or outside the organism. In either instance, stimuli impinge upon the organism and activity of the organism is initiated or maintained. Stimuli, as defined in this context, are the attributes or properties of stimulus objects and refer to the various forms of physical energy, such as heat, sound, and light. An appropriate starting point, then, for the study of human behavior, whether the behavior occurs during the maturational or senescent years, is to consider the various forms of stimulation and the capacity of the individual to respond to such stimulation. The sensory processes are the links which connect all behaving organisms with their external and internal environment and provide information about that environment. An understanding of these processes is essential for an understanding of human behavior.

The basic function of the human sense organs is to act as transducers of physical energy, i.e., to transform physical energy into coded patterns of neural impulses which travel within associated nerve

tracts. Although the patterns of impulses may become altered en route, they eventually arrive at primary sensory areas in the brain. These neurophysiological processes give rise to various psychological concomitants (Weiss, 1963) [1]: the propagation of the neural impulse may be blocked and no overt or covert response of the organism will occur [2]. The neural excitation may elicit an overt or covert response of the organism without any reportable « subjective awareness », as in breathing [3]. There may be an overt response by the organism, but without discrimination of certain characteristics of the stimulus, as in hearing a spoken word without understanding it [4]. Symbolic transformation of the stimulus may occur so that the organism may respond in terms of more complex or abstract concepts, as in hearing « cat, dog, horse, and cow » and reporting « animals » [5]. Incorrect categorizations may be generated by qualitatively or quantitatively inadequate stimuli which produce erroneous perceptions, as in hearing «burst» for «first». It is seen, therefore, that the events which occur in the human nervous system may lead to different simple and complex behaviors; the study of these behaviors sometimes makes it possible to determine whether the major factors which are associated with changes in aging are primarily due to central processes or to peripheral processes involving the sense organs and their neural pathways.

This type of analysis leads to the functional organization of activities underlying human behavior as represented in the block diagram of Figure 1 (Welford, 1965).

The « boxes » show the fundamental processes which are involved in the human sensory-motor system and include those related to sen-

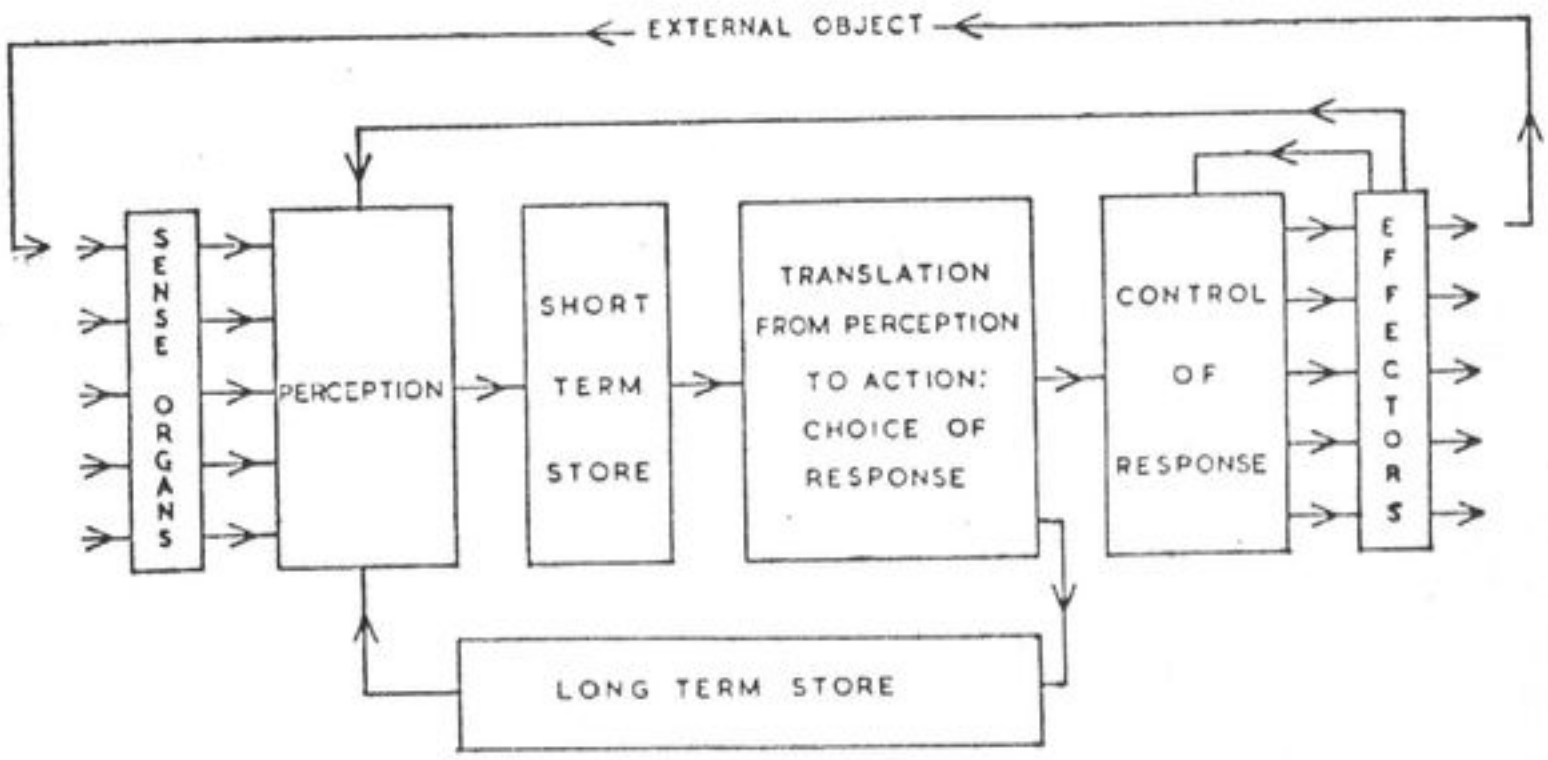


Fig. 1

Hypothetical block diagram of the functional organization of the human sensory-motor system, as derived from research studies in perception, choice-behavior, movement, and memory. Other feedback loops are known to exist, but are not shown. (From Welford, 1965).

Diagramme global hypothétique de l'organisation fonctionnelle du système moteur sensoriel de l'homme, tel que dérivé des études de recherche dans la perception, le comportement dans le choix, le mouvement et la mémoire. On sait que d'autres boucles de feedback existent, mais elles ne sont pas montrées. (Tiré de Welford, 1965).

sation and perception, choice, movement, and memory. These processes and the various « feedback loops » provide an important range of dynamic concepts which are necessary for understanding human behavior.

It should be noted, however, that such functional analyses need not be perfectly correlated with neuroanatomical findings, although they most often are to some extent. Behavioral knowledge and neuroanatomical knowledge must eventually be perfectly linked, but for now hypotheses in one area may provide useful guides for research in the other. Also, until recently, it was assumed that certain changes in behavior with age, such as decreased performance in complex motor skills, were almost entirely due to changes in the sense organs and effectors which formed the two ends of the particular sensory-motor chain. Recent evidence indicates that these may not be the limiting factors, but the issue has not been resolved.

There is no question, however, that man's sensitivity to physical stimulation, his ability to attend selectively to this stimulation, and his capacity for integrating the information provided by such stimulation constitute significant portions of a continuing process which forms the basis of living. If the factors in the process are altered in later life, changes in behavior are to be expected. The extent to which these changes are directly influenced by modifications in sensory processes needs to be examined so that the theoretical and practical aspects of aging may be established. The following sections of this paper are directed towards this objective.

4. - VISION. — *The absolute threshold.* — Although the human eye is highly resistant to change despite the tremendous amount of work performed in an average lifetime, there are certain structural modifications which do occur with age and which affect the visual functions. Some of these changes may be seen in the crystalline lens. The size of the lens continues to increase up to extreme old age and the thickness of the lens increases throughout the life span. With advancing age, the nuclei and cell membranes of the old fibers located in the more central portions of the lens become compressed, lose water, and shrink; the nucleus or central region of the lens thereby becomes less transparent. The capsule becomes thicker and less permeable (Leopold, 1965).

Inasmuch as the lens fulfills two functions, transmitting and refracting light, these age changes interfere with both of these functions. The crystalline lens not only becomes less transparent throughout the whole visible spectrum (Said and Weale, 1959), but there is also an increased opacification in relation to the blue part of the spectrum. Thus, the lens becomes yellower with age and produces

both an overall loss in the quantity of light which enters the eye and a change in the spectral quality of the light.

The amount of light reaching the retina of the eye is also reduced by the size of the pupil which tends to diminish with age (Birren, Casperson, and Botwinick, 1950). Under dark adaptation, the pupil diameter at 20 years is approximately 7.5 millimeters and at 85 years, approximately 4.8 millimeters; under an illuminance of 1.0 millilambert, the diameters are approximately 5.0 and 3.5 millimeters, respectively, for the same ages. Since pupillary area is proportional to the square of the diameter, the area decreases at even a greater rate with advancing years.

As might be expected, these senile changes affect the absolute threshold for vision, i.e., the minimal amount of light which can be detected and reported in a specified proportion (usually 0.50) of the experimental trials. When the absolute threshold is measured under conditions of dark adaptation with white light as the stimulus, the threshold increases (sensitivity becomes less) with age approximately as the reciprocal of the average pupillary area (Robertson and Yudkin, 1944). The use of white light as a stimulus, however, minimizes the effects of aging observed in the yellowing of the lens. Thus, if the pupillary diameter is held constant and the absolute threshold is measured with light from the short wavelength end of the visible spectrum, e.g., using blue or violet light, there is a significant increase in threshold as a function of age (Weale, 1961a). This change is almost entirely due to the yellowing of the lens.

Weale (1961b) has also shown that due to these factors, regardless of whether the eye is light-adapted or dark-adapted, only about one-third of the light which reaches the retina of a twenty-year-old would fall on the retina of a sixty-year-old, given a standard white source. There is essentially a linear decrease between the amounts of effective light reaching the light-adapted or dark-adapted retina and a person's age from twenty to sixty years. If blue light rather than white light is used as the stimulus, the decrement in retinal illuminance is even more pronounced with age and can reach a factor of 8 or 9. This indicates that when the general level of white or colored light is increased, an older person's vision will improve relatively more than a younger person's.

Visual acuity. — Another facet of visual efficiency involves the measurement of acuity. This measurement is ordinarily used to specify the ability of the eye to resolve fine detail in an external object. Technically, visual acuity is the reciprocal of the minimum visual angle expressed in minutes of arc. The minimum visual angle is the angle subtended at the eye by the smallest detail which can be discriminated in a test object, such as the location of a gap in a broken cir-

cle (Landolt C). The smaller the gap which can be detected, the higher (better) the visual acuity and vice versa. In a clinical setting, visual accuity is measured by the well-known Snellen Chart which contains letters of the English alphabet. Since visual tasks in daily life often take place under fairly high levels of natural or artificial light, the effects of aging will be more important in terms of visual acuity than in terms of absolute thresholds.

The developmental trend is for visual acuity to be relatively poor in young children and to improve up to young adulthood. This is followed by a slight decline from about the mid-twenties to the fifties; for some persons, there may be an accelerated decline in the later years. Inasmuch as visual acuity is a function of the level of ambient illumination, with higher levels producing better acuity, it should be expected that the resolving power of the eye would be poorer with age due to the decrease in the amount of light arriving at the retina. This, in fact, occurs; nevertheless, if the retinal illuminance is increased during measurements of visual acuity, it is found that the values of visual acuity in the old never reach those in the young (Fankhauser and Schmidt, 1957). For practical purposes, however, equal visual acuity may be approximated by requiring higher levels of illuminance with advancing age (Guth, Eastman, and McNelis, 1956).

Since the retina and choroid of the eye are relatively free from senile changes, the deterioration of visual acuity and certain other visual functions with age is probably not due to retinal senescence (Leopold, 1965). Instead, this deterioration is most likely attributable to the aging changes in the crystalline lens and the vitreous humor. These changes involve vitreous opacities, cellular distortions, and other alterations which interfere with the normal transmission of light through the dioptric media, thereby producing the scattering of light and a blurring of the retinal image. Aging does affect the visual resolving power for discriminating detail, but not through impaired retinal resolution. Unfortunately, the senescent changes which produce this loss in visual acuity are irreversible and, at present, without remedy. Furthermore, it is quite possible that this loss in visual acuity may be manifested as a decrease in the speed of a behavioral response in which such visual information is utilized.

Presbyopia. — The ability of the eye to discriminate detail is controlled to a large extent by the process of accommodation. Accommodation involves an adjustment of the ciliary muscle which brings about a change in the focal length of the lens of the eye so that incident light rays are brought to a focus on the retina. In accommodation, the lens becomes thicker when a person is looking at a near object; it becomes thinner for a distant object. The greatest distance from which the light rays from an object can be focused properly on

the retina is called the far point of vision. In the normal eye, this distance is infinity. Likewise, there is a point which defines the nearest distance at which an object can be placed and still be seen clearly. This is called the near point of vision. The linear distance between the near point and far point is called the range of accommodation.

With advancing age, the lens exhibits a continuous accumulation of insoluble proteins and a concentration of a yellow, unidentified pigment (Weale, 1960). This produces both a hardening of the lens (which reduces the range of accommodation) and a decrease in the amount of light arriving at the retina.

The physiological change in the power of the eye to accommodate as a function of age is called presbyopia. Aa a person grows older, the near point of vision recedes so that the range of accommodation becomes less and less. This is particularly marked after twenty years of age. At ten years of age, the near point is approximately three inches from the normal eye; at 20 years, it is about four inches; at 30 years, about 5.5 inches; at 40, about 8.5 inches; at 50, about 15 inches; and at 60 years of age, about 39 inches (Morgan and King, 1966). It follows, then, that with age « reading glasses » will be needed to see near objects sharply, even if the eyes were originally emmetropic (normal).

Dark adaptation. — When a person is allowed to remain in the dark for a period of time, or has his eyes covered with light-tight goggles fitted with opaque lenses, his visual system undergoes a process of dark adaptation. During this process, which is essentially complete in about an hour, the sensitivity of the human eye to a light stimulus is markedly increased, i.e., the absolute threshold is progressively lowered. The dark-adaptation curve typically consists of two segments: one for the cones of the retina and one for the rods. Cone adaptation is essentially complete in about ten minutes, with approximately a ten-fold increase in sensitivity; this is followed by the longer segment of rod adaptation which shows an increase in sensitivity by approximately 10,000 times in a thirty-minute period (Corso, 1967a).

Among other variables, the dark-adaptation process has been investigated as a function of age (Birren and Shock, 1950). It has been found that older people (e.g., 70 to 82 years vs. 60 to 69 years vs. 40 to 59 years) take longer to reach a given level of dark adaptation. However, this effect is apparently due to the increase in the absolute threshold of vision with age, and not due to a difference in the rate of adaptation. The rate of adaptation, i.e., the decrease in threshold as a function of time in the dark, is independent of age. The amount of delay in reaching a given level of adaptation is, therefore, a function of the increased quantity of light which must be used to reach the absolute threshold for a particular advanced age. Stated in dif-

ferent terms, the form of the dark-adaptation curve is the same for different ages, but curves for different ages are displaced from one another by an amount proportional to the differences in absolute thresholds for these ages. Thus, it may be concluded that there is no significant senile variation in the rate of the neurophysiological processes which mediate dark adaptation.

Nevertheless, these data have practical implications which should be noted. For example, older people can be expected to have difficulty in driving at night. Since older people have higher visual thresholds, the length of time required for the eye to recover to a level of sensitivity equal to that for a younger person, after passing an oncoming car with bright lights, would be appreciably longer. The older person has a lengthened period during which he cannot see in the dark and this lengthened period could lead to a delay in driving response which might be fatal.

Critical flicker frequency (*CFF*). — If a beam of light from a given source is interrupted at a slow rate, the observer will see clearly the separate light and dark phases as they occur. If the rate at which the light is interrupted is gradually increased, there will be a certain frequency of interruption at which the separate phases of light and dark will disappear and only a steady-state light will be seen. The critical flicker frequency (CFF) is the minimal frequency of interruption at which the flickering of light is no longer visible and fusion occurs. Although there are individual differences in the fusion threshold, as in other sensory functions, the CFF for normal young adults is about forty cycles per second; beyond this frequency the interrupted light is seen as a constantly glowing source.

The experimental evidence shows, however, that CFF tends to decrease with age (Misiak, 1947). It is also well-established that CFF varies with the luminance of the light source and with the percentage of the cycle-time that the light is on, i.e., the light-dark ratio. Both of these factors affect the amount of light which reaches the retina. Since senile changes alter the lens and pupil so that less light arrives at the retina from a given source, it seems reasonable to conclude that these physical factors are primarily responsible for the decrease in CFF with advancing age. The average decline in CFF as estimated from a number of studies is about seven cycles per second between the ages of twenty and sixty (Weale, 1965).

As already suggested, the change in CFF is largely due to peripheral rather than central factors. In one study (Weekers and Roussel, 1946) CFF was measured as a function of age when the pupil of the eye was natural and when it was dilated. With the natural pupil, the mean CFF was about 40 cycles per second for 20 to 30 year-old subjects and about 32 for subjects aged sixty-one to seventy. With

the dilated pupil, the mean fusion thresholds for the same subjects were about 43 and 38 cycles per second, respectively. These data indicate that the lower CFF for the older subjects is due primarily to the changes with age in the image-forming structures of the eye, i.e., the pupil and the lens.

This does not mean, however, that central factors are to be ignored in considering CFF. In a recent study (Misiak, 1961), a low positive correlation was obtained between CFF and measures of certain intellectual functions for healthy females between 74 and 80 years of age. For a group of young adults, the results were negative; neither the tests of intellectual functions nor IQ were correlated with CFF. Nevertheless, those subjects from this young group with lower intelligence (IQ below 100 with a group mean of 90) had a significantly lower CFF than a group of higher IQ. It was suggested that whenever the general efficiency of the central nervous system (CNS) is reduced due to pathology or aging, both CFF and certain intellectual functions will also be depressed. This hypothesis is supported by the data of Wilson (1963) who found that aging (from 20 to 79 years) and non-verbal intelligence are both determinants of CFF. There is no sex difference in CFF at any age.

Figural after-effects. — The effects of aging on the central nervous system have also been considered in terms of figural after-effects (Axelrod and Eisdorfer, 1962). This phenomenon involves an inspection stimulus or initial figure (I) and a second stimulus or test figure (T). Operationally, a figural after-effect is specified as a systematic change in the characteristics of the test figure after prolonged exposure to the initial stimulus. The change in the subsequent perception of the test figure typically involves some modification in the shape of the figure or, more generally, in its spatial characteristics (Gibson, 1933; Kohler and Wallach, 1944). After-effects of this general type have been demonstrated in vision, kinesthesis, and audition (cf. review by McEwen, 1958).

From a developmental viewpoint, there is some evidence which indicates that significant changes do occur in the frequency of occurrence of the visual after-effect from childhood to adulthood (Pollack, 1960). The function shows a decline in frequency from about 4 to 10 years, followed by a sharp increase up to 24 years and over. This finding argues against the hypothesis that figural after-effects are due to permanent satiation which builds up progressively with age; this trend would be evidenced by a gradual decline in the frequency of occurrence with advancing age.

In another study, small but systematically negative correlations were obtained between age and various measures of susceptibility to both visual and kinesthetic after-effects following different durations

of exposure (inspection) (Rich, 1957). This study involved fifty subjects ranging in age from 65 to 89 years. It was found that advanced age decreased the susceptibility to after-effects and did so independently in the two sensory modalities of vision and touch. On the basis of these studies, it appears that figural after-effects do not derive from a single underlying process which is characterized by a continuous, unidirectional effect.

Although there are differences in susceptibility to figural after-effects as a function of age, the magnitude of the effect does not appear to be affected by aging. No differences were found between thirty 12-year-old children and thirty-three male adults, ranging from 16 to 60 years, when the kinesthetic after-effect was measured in terms of (a) the size of the effect, (b) the slope of the decline of the effect after stimulation, (c) the frequency of occurrence of an opposite effect, and (d) the goodness of fit of the decrease in size to a logarithmic function of time (Thurner and Seyfried, 1962). Also, no sex differences were found in this study.

Negative results with respect to age have been reported by others for both visual and kinesthetic after-effects (Axelrod and Eisdorfer, 1962). This study involved a comparison of a young group (33 men varying from 18 to 34 years) and an older group (32 men ranging from 60 to 76 years). The after-effects were measured at various intervals up to 120 seconds following an inspection period of 60 seconds. There were no significant differences in kinesthetic or visual after-effects between the two groups. This is contrary to expectations, if it is assumed that susceptibility to figural after-effects is directly correlated with the efficiency of central nervous system functioning. The data also fail to support the notion of a general personality or physiological factor which may underlie the susceptibility to after-effects across different modalities. Neither susceptibility to, nor time course of, figural after-effects seems to be affected by aging beyond young adulthood.

5. - AUDITION. — *Presbycusis.* — One of the major factors which leads to the traditional withdrawal of older persons from many social activities involves the otolaryngologic problems of aging. The most common of these is presbycusis. In this condition, there is a characteristic decrease in hearing sensitivity with increasing age which may be attributable to different pathologies (Schuknecht, 1964). These pathologies suggest four kinds of presbycusis: 1) sensory presbycusis, in which there is epithelial atrophy in the basal end of the organ of Corti, producing an abrupt hearing loss for high-frequency tones; 2) neural presbycusis, in which there is a loss in neuron population in the auditory pathways, producing a loss in the ability to discriminate

speech; 3) metabolic presbycusis, in which there is atrophy of the stria vascularis, producing a fairly uniform hearing loss for pure tones, and 4) mechanical presbycusis, in which there is a stiffening of the basilar membrane, producing an increase in the amount of hearing loss as the frequency becomes higher. In individuals over seventy-five years of age, there is also a reduction in the population of afferent nerve cells in the cerebral cortex which leads to impaired hearing and the inability to communicate effectively (Sataloff, 1965).

Many studies have been performed to obtain pure-tone thresholds for different age groups and for different populations of subjects. In most cases, however, these data cannot be considered to represent the effects of presbycusis—since presbycusis is a theoretical construct which is defined as the hearing loss which results from the aging process as such, with no confounding due to extraneous factors. Unfortunately, there are many factors which can contribute to hearing loss and which interact with the aging processes in the course of an individual's lifetime.

Two of the major classes of extraneous factors which affect hearing include diseases and noise exposure. Glorig, Summerfield and Nixon (1950) have shown clearly that the threshold of hearing as a function of age can be contaminated by noise exposure. Similarly, studies on the effects of noise exposure on hearing can be contaminated by the presence of other uncontrolled factors. For example, Rosen *et al* (1962) showed that aged subjects from the Mabaan tribe in the relatively noise-free area of the Republic of the Sudan had better hearing for high frequencies than subjects in other studies of this type. There are so many biological and cultural differences, however, between the Mabaan tribe and the people in Western civilization that any conclusion indicating that the better hearing of the Mabaan's is due to the absence of noise must be regarded as speculative; the difference could be due to genetic factors, the absence of hypertension and coronary disease, the use of fat-free diets, or other unspecified factors.

Recently, the determination of presbycusis values has been obtained by combining the data of eight different publications (Spoor, 1967). The following studies were included: Johansen (1943), Beasley (1938), ASA report Z.24-X-2 (1954), Glorig *et al* (1957), Jatho and Heck (1959), Hinchcliffe (1959), Glorig (1962), and Corso (1963). In order to combine the data from the various studies, the results were converted so as to represent the hearing loss (hearing level) for the different age groups with reference to the age group of twenty-five years (or twenty-one and a half years) in each investigation. It was found that the curves showing mean hearing loss (mean hearing level: MHL) as a function of age, with frequency as the parameter from 250 to 8,000 Hz, could be fitted by the general function

$$\log\ (\mathrm{MHL} + \mathrm{C}) = \mathrm{b}\ \log\ (\mathrm{Age}) - \mathrm{a}.$$

This equation indicates that hearing loss (hearing level) increases exponentially as a function of age, starting from the age of zero years.

The values of presbycusis obtained from these combined studies are shown graphically in Figure 2 for men and in Figure 3 for women. The curves indicate that for frequencies up to 1000 Hz, the increase in hearing level is less than 5 db up to 50 years of age and, regardless of age and sex, is almost independent of frequency. For frequencies above 1000 Hz, hearing level increases with frequency for all age groups, except 8000 Hz for the younger age groups. At ages up to 50 years, the highest hearing level is obtained at 4000 and 6000 Hz; above this age, the highest level is at 8000 Hz. Also, with advancing age, the curves begin to drop at lower and lower frequencies.

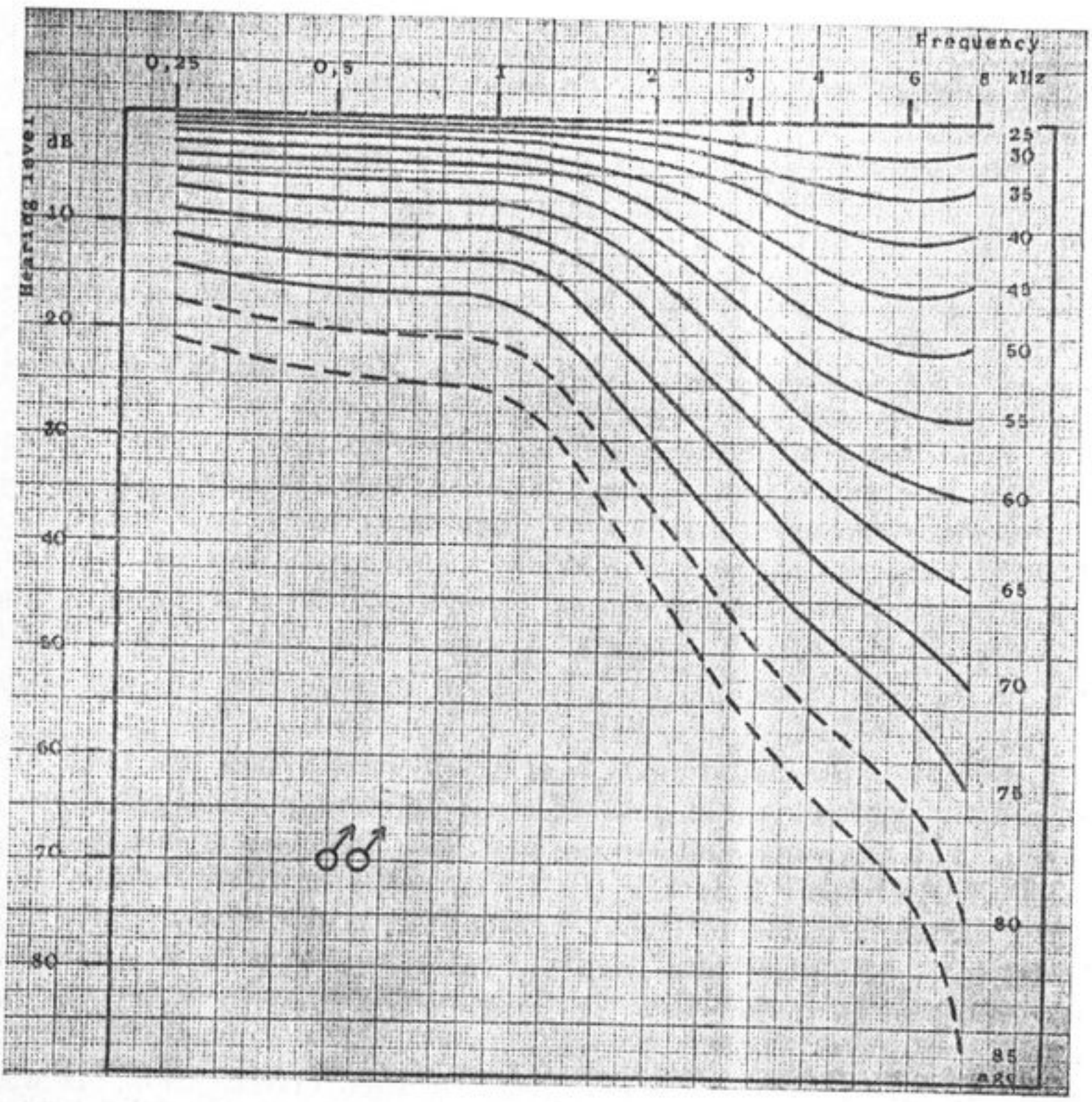


Fig. 2

Curves showing the relation between hearing level and frequency for men at different ages according to data calculated from eight published studies. *(From Spoor, 1967).*

Courbes montrant la relation entre le niveau d'ouïe et la fréquence pour des hommes d'âges différents conformément aux données calculées à partir de huit études publiées *(D'après Spoor, 1967).*

In general, as reported earlier (Corso, 1963), the hearing level for men is higher than that for women, age held constant, for 2000 Hz and above. At and below 1000 Hz, the hearing level of women is, in general, slightly higher than that for men. A number of other studies have also shown the hearing of women to be better than for men, at least for some age groups and frequencies. Although this difference could be due to various biological factors, it is probably more likely that the difference in hearing ability is due to the difference in the amount and kinds of noise exposure to which males and females are exposed.

The data in Figure 2 and 3 have considerable practical significance. Given that these curves represent the « pure » or « normal » effects

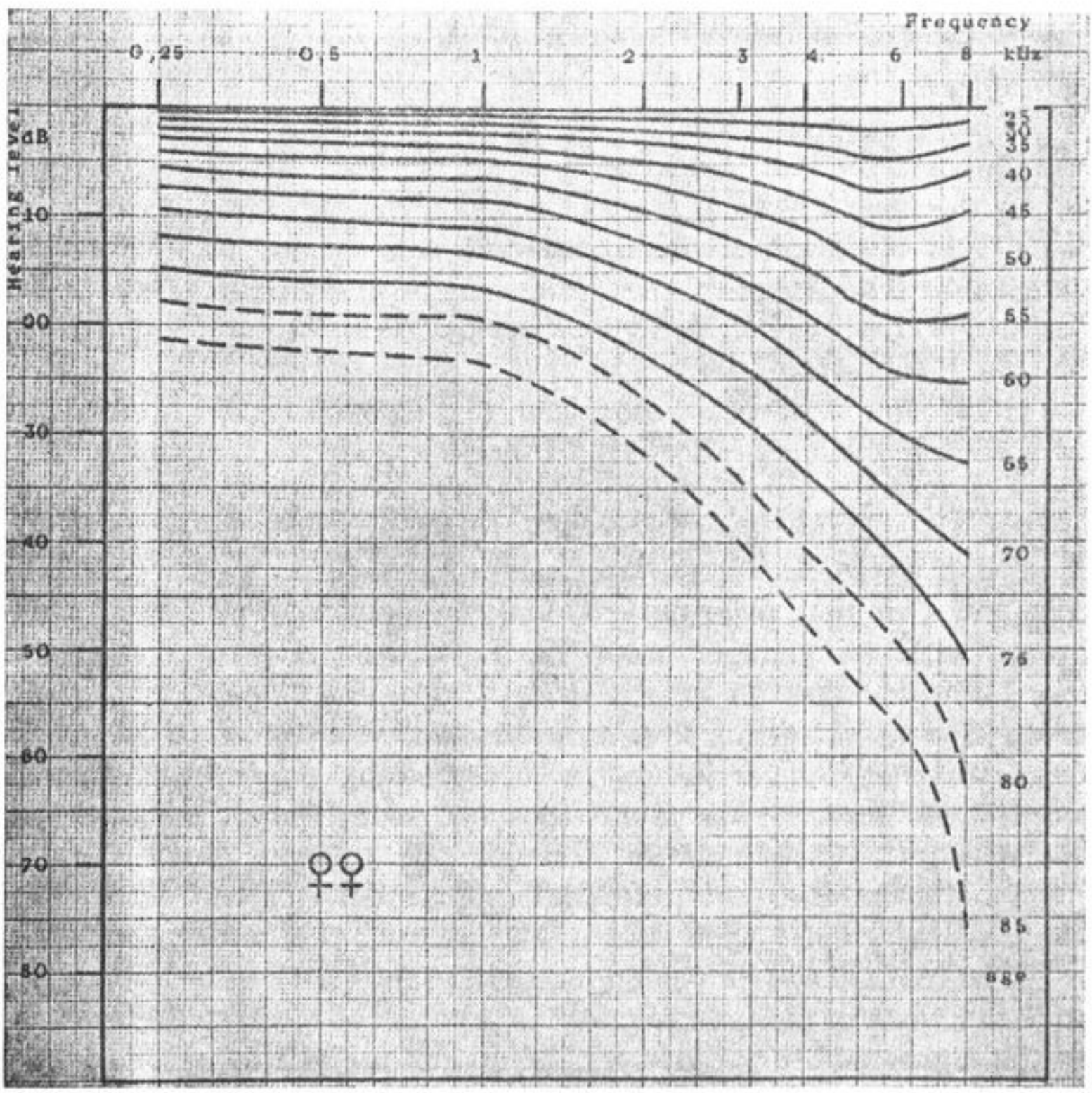


Fig. 3

Curves showing the relation between hearing level and frequency for women at different ages according to data calculated from eight published studies. (From Spoor, 1967).

Courbes montrant la relation entre le niveau d'ouïe et la fréquence pour des femmes à différents âges conformément aux données calculées à partir de huit études publiées. (D'après Spoor, 1967).

of aging, they can be used as a baseline against which the effects of noise-induced hearing loss may be assessed (Corso, 1963). For the evaluation of the audiograms of workers in industry, it is necessary to have a normative set of data for non-noise-exposed people of different ages. By comparing the audiogram of a given worker with the appropriate curve for presbycusis in terms of age and sex, the « normal » effects of aging may be taken into account, thereby providing an estimate of the amount of loss attributable to noise exposure. This assumes, of course, that the effects of other factors such as disease, toxic drugs, etc., have been ruled out of consideration—and that the effects of noise exposure and aging are additive. It should be indicated, however, that the assessment of compensation for noise-induced hearing loss is a complex matter; it involves many decisions beyond those associated with a proper deduction for presbycusis and other nonindustrial causes of hearing impairment (Dickson, 1967).

Speech discrimination. — Although the effects of presbycusis are usually measured in terms of elevated absolute thresholds for pure tones, the term « hearing loss » in this connection has a complex meaning. It involves more than an increase in the sound pressure level at threshold. The difficulty in presbycusis is not only the individual's inability to hear as well as a young adult, but his failure to understand what is being said.

It is now well-established that in presbycusis the intelligibility of speech is seriously affected; furthermore, speech discrimination in older individuals is poorer than might be expected on the basis of pure-tone audiograms or speech-reception thresholds. In one study (Pestalozza and Shore, 1955), the descrimination loss for speech was determined in a group of older patients and compared with that of a younger group, with the younger group having a type of perceptive hearing loss similar to that for presbycusis. The results showed that, with a given amount of hearing loss, discrimination was from 9 to 20 per cent better in the younger group, as measured by phonetically-balanced word lists. Also, it was found that for easier speech material (e.g., spondees), the discrimination loss for the younger group could be predicted from the pure-tone audiograms; but, for the older group, the loss was greater than that predicted from the audiograms.

The reduced speech perception in the aged seems to be due, in part, to the increase in the time required to process the message (information) in the higher auditory centers. The magnitude of this effect has been studied by presenting subjects with accelerated speech, i.e., an increase in the word rate per minute. For young subjects, it is possible to offset the decrease in discrimination due to accelerated speech, by slightly increasing the intensity. This equilizing effect is not possible in the aged. In subjects over 70 years of age, 100 per cent intelligibility

can be obtained for normal word rates (140 words/min.), if the intensity is high enough; but, for accelerated speech (350 words/min.), intelligibility does not exceed 45 per cent, regardless of intensity (Calearo and Lazzaroni, 1957). Since presbycusis involves high-tone hearing loss, difficulty is encountered in discriminating between those consonants which have high-frequency components in their acoustic patterns, e.g., s, z, t, f, and g. Also, the consonants, unlike vowels, do not carry much acoustic power. These two produce a situation, as already indicated, in which an older person finds it difficult to discriminate between phonetically-similar words; this, in turn, affects his ability to follow the sense of a particular conversation. The problem becomes worse in a noisy environment since the noise tends to mask the weaker speech sounds (consonants).

In such instances, intelligibility can be improved by face-to-face conversation in which there is distinct speech at a normal rate and at a moderate intensity-level. If the speech sounds are raised to very high levels, the intelligibility is reduced rather than increased (Calearo and Lazzaroni, 1957). Therefore, while use of a hearing aid may, in some cases, be justified, an individual with marked presbycusis is often intolerant of the amplification provided by these devices. The inability of the individual to discriminate among speech sounds cannot be remedied solely on the basis of amplification (Pestalozza and Shore, 1955). Nevertheless, the use of a hearing aid can be of great assistance, provided an appropriate program of intensive auditory training in the discrimination of speech sounds is implemented at the same time. Careful selection of the aid and psychological support of the aged person, particularly in the first few months, are helpful measures which can be taken to reduce the dissatisfaction ordinarily expressed by hearing-aid patients.

Pitch discrimination. — The monaural differential threshold for pitch has been determined for an unselected, non-clinical population (König, 1957). Data were obtained for different frequencies at a sensation level of 40 db, i.e., 40 db above the absolute threshold. For subjects in the 25 to 55 year-old age group, the absolute difference limen in cycles per second was linearly related to age. For the older age groups, the difference was considerably more marked. At 70 years of age, the difference limen is two or three times the value at 25 years. There is some question, however, whether this difference is due to the aging process *per se*, or whether it at least partly reflects the fact that the threshold of audibility is increased with age.

6. - GUSTATION. — *Taste sensitivity.* — The influence of aging on thresholds for the basic taste qualities of sweet, salty, bitter, and sour has been studied by several investigators. In a study by Bour-

lière, Cendron, and Rapaport (1958), the thresholds of perception and the thresholds of recognition were determined for sweet and salty substances in eighty-one healthy persons of both sexes, ranging in age from 20 to 93 years. The perception-threshold was defined as the concentration required for a solution to be judged as different from pure water, without producing a definite test quality; the recognition-threshold was defined as the lowest concentration required for the solution to produce a specific taste quality. It was found that for sweet substances both thresholds were much higher in the old subjects than in the young, regardless of sex.

For salty substances, the threshold of perception remained fairly constant for women from 20 to 93 years of age; but, for men, the threshold was raised as a function of age. Also, the threshold of recognition in men was much higher than in women at all ages. These changes in taste thresholds in old age were found to be independent of the use of dental protheses.

In a more extended study (Cooper, Bilash, and Zubek, 1959), one hundred subjects, ranging in age from 15 to 89 years, were tested on four substances: sucrose (sweet), sodium chloride (salty), hydrochloric acid (sour), and quinine sulfate (bitter). The sipping method was used to determine a difference threshold and a taste threshold for each substance. Different concentrations of each substance were prepared using distilled water.

The difference threshold for a given substance was defined as the concentration of the solution which was reported to taste just noticeably different from distilled water. The taste threshold was defined as the weakest concentration which produced a definite taste quality. Each subject received three trials on each of the four stimuli and the procedure for each trial was to increase the concentration of the solution gradually until the difference threshold and then the taste threshold were determined. The results revealed that « taste sensitivity is fairly constant and unimpaired until the late fifties, after which it shows a sharp decline ». The course of development and decline in sensitivity was essentially the same for the four specific taste qualities and all four showed a rapid decline after the late fifties. Contrary to the previous results of Bourlière *et al*, no sex differences were observed in this study and no differences in taste sensitivity were found between smokers and non-smokers.

The four specific taste qualities were also studied by Byrd and Gertman (1959). Mild, moderate, and strong concentrations of sucrose (sweet), sodium chloride (salty), citric acid (sour), and quinine monohydrochloride (bitter) were used. Two drops of a given substance with a particular concentration were placed on the subject's out-stretched tongue in the region of greatest known sensitivity for that substance, e.g., tip for sweetness, and the subject pointed to a sign to designate

the specific taste quality produced by the substance. Between trials, the mouth was rinsed with tap water. For the mild concentrations, the frequency of positive identification for the four taste substances did not differ significantly between the three age groups tested (18 to 25 years, 60 to 70 years, and 80 to 90 years, with approximately an equal number of male and female subjects in each group). There was, however, an indication that salt sensitivity tended to decrease in the oldest age group. Except for this, the pattern of sensitivity appeared to be essentially the same for the four taste qualities and no sex differences were reported.

Taste sensitivity and oral complaints. — Casual observation reveals that food complaints are frequently found among the aged. When the gastrointestinal tract in one hundred and two aged persons was examined, more than one-third complained of some aberration of taste (Cohen and Gitman, 1958). In a subsequent study (Cohen and Gitman, 1959), four substances and concentrations were used « to explore the possibility that the ability to perceive specific tastes was impaired with age and was related to the complaints referable to taste ». The substances were saccharine (0.25% concentration), sodium chloride (1.0%), acetic acid (5.0%), and quinine sulfate (0.14%). Each solution was wiped across the dorsal, posterior, and lateral surfaces of the tongue by means of a cotton swab and the subject reported whether the solution tasted sweet, salty, sour, or bitter.

The results indicated that there was no significant decrement in gross taste perception with aging. The percentage of error for a given taste quality was similar for all ages, with the highest incidence of errors occurring for sour. However, the males showed a statistically significant higher incidence of taste errors than did the females. As in the Boulière *et al* study, there was no correlation between the use of dentures and the incidence of test errors or gustatory complaints.

None of the control group (100 non-institutionalized subjects ranging in age from 18 to 64 years) had complaints referable to taste, compared with 33.1 per cent incidence in the older group (248 institutionalized subjects ranging in age from 65 to 94 years); but, there was no relation between a person's complaints and his ability to recognize the basic taste qualities. This finding tends to support the contention of Byrd and Gertman (1959) that « it is highly improbable that food complaints found frequently among the aged are based on sensory impairments of taste. Problems of environmental adjustment, attitudes towards self, and possibility of hypogeusia should be considered ».

Changes in the gustatory system with age. — There is neuro-anatomical and physiological evidence which indicates that aging produces basic structural changes in the gustatory system. These changes are

probably related to some extent to changes in taste sensitivity which have been noted in advanced old age, i.e., after 65 or 70 years.

One study has reported a gradual diminution in the number of taste buds with increasing age (El-Baradi and Bourne, 1951). According to Allara (1939), this change begins in males at 50 to 60 years of age and in females, at 40 to 45 years. The taste buds, or papillae, become fully developed around the age of pubescence and remain relatively unchanged until signs of atrophy begin to appear in the mid-forties. It has been estimated that as many as two-thirds of the taste buds become atrophic in old age (Harris, 1952). Other changes, such as the loss of elasticity in the mouth and lips, the decrease in the flow of saliva, and the neutralization of the pH of the saliva, have also been noted. It appears, however, that these neuroanatomical and physiological changes do not seriously affect taste sensitivity until the advanced stages of atrophy are reached relatively late in life, i.e., after age seventy.

7. - Olfaction. — There are numerous daily activities in which the senses of smell and taste interact, so that the loss of sensitivity in one of these senses may markedly affect the responses associated with the other. One dysfunction of the olfactory system is anosmia. This is the inability to smell any and all substances or, in the less severe stages, the inability to smell a particular substance or group of substances. This inability to smell renders food as tasteless, since the flavor of food is dependent upon the normal activity of both the olfactory and gustatory systems. It could be hypothesized, therefore, that the oral complaints in the aged might not be due to neuro-anatomical or physiological changes in the gustatory system, but to changes which occur in the olfactory system.

Although a wide range of experimental studies have been performed in olfaction, there is little quantitative evidence to indicate the manner in which olfaction changes with age. Liss and Gomez (1958) have observed that the senile changes which occur in the human olfactory bulb and tract are similar to those found in the central nervous system. Postmortem examinations in persons 70 years and above have shown a generalized atrophy with moderate loss of neuronal elements. There was no evidence of any correlation between the severity of the degenerative changes and the age of the patient. In one patient over 100 years, there was only a mild loss of neurons. It was concluded that in cases where an extensive degeneration of nerve cells and fibers was found, the degeneration was secondary to the degeneration of the sensory cells (first neuron) in the nasal mucosa and was not produced by progressive senile processes affecting the entire central nervous system.

The damage to the sensory cells of smell could be attributed to

external environmental factors, such as occupational odors and airborne toxic agents. Another important question relates to the amount of tobacco used as snuff or in smoking. A considerable amount of research needs to be done in this area if the effects of aging on olfactory sensitivity are to be established.

8. - PAIN. — *Sensitivity to pain.* — Although pain is often viewed as an emergency or alarm system associated with conditions of noxious stimulation, pain may serve other functions. It is an important factor in properly evaluating the symptoms of a particular illness and in formulating a correct diagnosis. The appraisal of the patient's tolerance to pain is also considered in medical treatment and prognosis.

Ordinarily, individuals have been classified as hyposensitive, normally sensitive, and hypersensitive to pain. When the distribution of two hundred and sixty patients who made routine medical office calls was considered in terms of these three classes, it was found that no effects of age could be definitely determined from 20 to 80 years (Sherman, 1943). However, 57.5 per cent of forty Micmac Indians from Nova Scotia and 75 per cent of one hundred and fifty coal miners were classified as hyposensitive. This could be interpreted to mean that conditions of heavy work or rigorous conditions of living over long periods of time may produce elevated thresholds for pain.

A common source of pain is associated with dental operative procedures. One study involved eight-hundred and fifty-seven patients, ranging in age from 3 to 80 years, in which 2352 cavity preparations were performed using rotary instruments with an air-water spray without local anesthesia (Herzberg, 1958). Reports of pain were fewest in the 3 to 10 year group; a peak of pain incidence was observed between 10 to 15 years and again between 20 to 25 years. From 25 to 50 years, the incidence of pain was remarkably uniform. There were too few data in the 50 to 80 year group to warrant analysis. No sex differences were detected in the study.

In a laboratory study (Schludermann and Zubek, 1962) one hundred and seventy-one subjects were tested in five areas of the body (forehead, forearm, upper arm, thigh, leg). The sample was homogeneous with respect to sex, racial origin, and socio-economic status. Pain thresholds were determined by a dolorimeter which focused the rays from an incandescent lamp on the body part to be tested. The radiant energy from the light was absorbed by a black spot painted on the skin and the calibrated intensity of the stimulus was 150 m.cal/sq. cm./sec. The pain threshold was defined as the minimum duration of heat which was required to elicit the first trace of pain.

It was found that there were significant differences in age groups from 12 to 83 years and in the sensitivity of different body areas. Also,

there was a significant interaction between age and body area, i.e., different body parts were most sensitive to pain at different ages.

In general, pain sensitivity remains fairly constant until the fifties, after which there is a sharp decline. A highly significant decline occurs after age 60. The more rostral body areas (forehead, upper arm, forearm) show a greater decline with age than the more caudal areas (thigh, leg). After the middle forties, sensitivity is poor for the forehead and forearm; the upper arm, thigh, and leg show a significant decrease in sensitivity only after age 60. With age held constant, the pain threshold for a higher socio-economic group (college students) was found to be much higher than that in the main experimental group of this study. This indicates, as does the work of Sherman (1943), that the socio-economic factor needs to be controlled in the measurement of pain sensitivity.

Changes in the pain system with age. — The decrease in sensitivity to pain which is found in old age may be due, in part, to certain degenerative changes which occur in the receptors and in the peripheral nervous system. Ronge (1943) has reported a decrease in the number of Meissner's corpuscles and other receptor end organs in the skin of the index finger as a function of age. During the fourth and fifth decades, a marked decline has been observed in the number of myelinated nerve fibers in the peripheral nervous system (Cobrin and Gardner, 1937). It is quite probable that other physiological factors, such as changes in the elasticity of the skin or in the circulatory system, may also affect pain sensitivity in the aged.

The work of Sherman (1943) and of Schludermann and Zubek (1962) suggests that the differences in pain thresholds between the rostral and caudal parts of the body may be related to the amount of exposure to environmental elements. Such natural exposure could produce changes in the elasticity and thickness of the skin on the arms and head which would affect the measurements obtained by means of the dolorimeter.

9. - Touch and Vibration. — *Tactile sensitivity.* — The receptor cells for the sense of touch are located in the skin and are activated by mechanical pressures which are of sufficient magnitude to deform the skin tissue. Classically, the stimulation was applied by means of a human or animal hair fastened to the end of a light wooden handle; the hairs for an experiment were calibrated by pressing down on one part of a sensitive balance. After the diameter of each hair had been measured with the aid of a microscope, the force exerted per square millimeter was computed.

The effects of aging on tacticle sensitivity have been studied with this technique for different parts of the body: the cornea of the eye; the upper and lower limbi of the eye; and the tip of the nose (Zobel, 1938). From about 12 to 50 years, the thresholds differ for the different parts of the body, but range from about 0.6 to 2.7 grams per square millimeter; by the age of 75 years, the thresholds have increased by a factor of three for some body areas, such as the periphery of the cornea or the tip of the nose. The evidence indicates that there are no appreciable changes in tactile sensitivity from early adulthood up to about 50 years of age; thereafter, there is a fairly marked increase in threshold for different parts of the body.

Vibratory sensitivity. — When the receptors for pressure are stimulated in a temporal pattern, feelings of vibration are produced. A common procedure for initiating these sensations is to place the base of a tuning fork, vibrating with sufficient amplitude, on some part of the body. Since the vibratory motions impressed on the skin travel great distances through the cutaneous and bony structures, the particular point of contact with the tuning fork cannot be localized precisely by the subject.

Some of the early studies on vibratory sensitivity have been criticized due to the lack of control of the pressure with which the tuning fork was applied to the skin. Also, some of the subjects in these studies showed evidence of neurological diseases. In a controlled clinical study (Himel and MacDonald, 1957), these factors were taken with account and twelve hundred patients, ranging in age from 17 to 90 years, were tested for vibratory sensitivity. These patients were either completely well or had no organic disease involving the nervous system, either directly or indirectly, such as diabetes mellitus or alcholism. The stimulus was provided by a tuning fork of 128 Hz which was applied to the area to be tested. The tests were given on the lower end of the radius and on the internal and external malleolus of the ankle joint. The subject gave a verbal report of the sensation present when the tuning fork was applied and, with his eyes closed, was asked to report the dissapearance of the sensation when the examiner cupped his hands over the fork and stopped the vibration.

The results of this study showed that age had essentially no effect on vibratory sensitivity up to 70 years. Only in the age group of 80 years and over did the number of cases of impaired sensitivity become significantly high. In this oldest group, the percentage of positive reports was 77 per cent, compared with approximately 92 per cent in the 70 to 79 year group and 98 per cent in the 60 to 69 year group. Below 60 years, there were 100 per cent positive reports for all age groups.

If the frequency of stimulation is held constant, the amplitude of oscillation required to produce a vibratory threshold response can be determined experimentally. In a study by Cosh (1958), vibration thresholds were determined as a function of age for the index finger and the large toe. The stimulus was applied by the tip of a phonograph record-cutter head; this permitted the frequency of vibration to remain constant at 100 Hz, while the amplitude of the vibration was varied for threshold measurements. It was found that vibratory sensitivity was constant at about 5 microns for the index finger from about 5 to 75 years; but, for the large toe, the thresholds increased (sensitivity decreased) as a positively accelerating function from about 5 to 52 microns over the same age range.

This study reveals that aging has a differential effect on the vibratory sensitivity of different parts of the body. A similar finding was obtained in the work of Howell (1949). For one hundred and eight-six subjects 65 years and above, a larger percentage reported vibratory sensations for the wrists (99%), elbows (98.5%) and shoulders (94%) than for the ankles (77.5%), shins (73.5%), knees (54%), or sacrum (15%). Thus, aging seems to affect the legs more than the upper extremities; the hands retain their sensitivity to touch and vibration longer than the feet.

10. - Some Data on Perceptual Functions. — The material which has been presented up to this point has been concerned, for the most part, with basic sensory functions involving the threshold concept. These functions are regarded as bound to the activities of receptor organs and their associated afferent neural pathways; they are controlled by environmental factors. At another conceptual level of analysis, it is possible to consider those functions which involve perceptual processes. Such functions are assumed to involve a central mediational process and may be affected by variables other than those in the physical stimulus; these variables are classified as motivational, clinical, or personal. Although there are no differences in the fundamental operations of an experiment which can form the basis for a clear distinction between sensory discrimination and perceptual discrimination (Corso, 1967b), it is convenient here to review some studies which may be said to involve perceptual judgments.

This section is intended to be suggestive, not definitive. It is offered as an introduction to the psychological literature dealing with the effects of age on perception. Also, it will serve as background material for the next section of this paper which is concerned with the behavioral implications of aging in human sensory systems. Basically, the selected studies on perception will show the effects of aging in situations which more nearly resemble every day circumstances.

Vision. — There is an increasing number of studies which indicate that marked changes occur in visual perception with advanced age. The studies suggest that older people tend to adhere more rigidly to the initial perception of a given stimulus situation and are either resistant to, or incapable of, reorganizing this perception. It is not clear, however, whether this phenomenon is due, at least in part, to the decrement in visual ability to discriminate among the elements of the stimulus configuration, or whether it reflects some aspect of cognitive rigidity which may exist as a separate personality characteristic of the subject, independent of the variable of age. A few examples of perceptual studies will be given to illustrate this phenomenon.

One study was directly concerned with the ability to reorganize prior visual perceptions (Botwinick, Robbin, and Brinley, 1959). Two groups of subjects were presented with an ambiguous figure which could be perceived either as a young lady or as an old women. If either percept was reported within 90 seconds, the subject was informed that « another picture » could be seen and was asked what it was. If the alternate figure was not reported within 90 seconds, the features of this figure were shown to the subject. The ambiguous figure was then represented for another 90 seconds and the subject was asked to report what he saw. In the younger group (19 to 34 years), twenty-four of twenty-nine subjects were able to reorganize the initial percept after being shown the appropriate alternate unambiguous figure, but only eight of thirty-four subjects in the older group (65 to 81 years) were able to do so. Most of the older group saw only one figure and retained the original percept; those in this group who were able to reorganize the percept tended to have a higher educational level.

Heath and Orbach (1963) studied the reversibility of the Necker cube in thirty-one subjects from 69 to 90 years. This visual illusion is an outline drawing of a cube which, when visually fixated for a short period of time, tends to be seen in reversed perspective. In this experiment, the cube was presented for visual inspection for two one-minute periods separated by a 30-second interval. Only six of the thirty-one subjects were able to report reliable reversals of the cube. For four of these six the frequency of reversal was below that for normal young adults and was comparable to that for subjects with frontal-lobe damage. It appears, therefore, that elderly people are incapable of perceptual shifts which are typical for younger healthy individuals.

A somewhat similar effect has been obtained with the phenomenon of retinal rivalry (Jalavisto, 1964). This phenomenon refers to the oscillation between dominance of right and left retinal images when two different, but easily discriminable figures are viewed with a stereoscope. In this case, the figures were one red and one green square. One hundred and thirty women, ranging in age from 40 to 93 years, were tested to determine the frequency of oscillation, i.e., the number

of changes in color which occurred in a one-minute exposure period. A fairly regular decrease in oscillation was found with age, with a total lack of change becoming prevalent in the oldest age classes. Since the physiological mechanism of the phenomenon of retinal rivalry is unknown, no hypotheses concerning the significance of the age changes were postulated.

In another study, the difficulty in separating spatially contiguous data was measured for sixty-six subjects divided into six age groups from 20 to over 70 years (Clay, 1956). When the subjects were asked to provide row and column totals for a five-by-five matrix with a simple number in each cell, there were no differences for the six age groups. However, when the cells were divided in two by a diagonal line and a separate number was placed in each half of the cell so that the top number was a row entry and the bottom number was a column entry, there was a significant decline in the accuracy of the row and column totals as a function of age. The older groups also showed an increase in the time required to complete the task and in the number of subjects who failed to carry out the task. Thus, in a practical situation with a systematic display, it is to be expected that older people can organize and work with a large number of elements as well as younger people, provided the display is designed so as to keep related items spatially distinct from other material which is similar but unrelated to the specific task.

Wapner, Werner, and Comalli (1960) investigated the problem of changes in the perception of part-whole relations in one hundred men between 20 and 80 years of age. One task involved the Müller-Lyer illusion (arrowhead and feathers). The results showed that, in general, susceptibility to the illusion was fairly constant between 20 to 23 years; beyond 39 years, there was an increase in the illusion-effect which was most pronounced for the 40 to 44 year-old group. The interpretation of the findings was that « greater globality » of perception was present for both old and young groups, as compared with the middle age group; this implies that for the old and young groups there was less articulation of the parts with the whole in the perceptual task which was imposed.

In the final study to be cited (Axelrod and Cohen, 1961), young and senescent adults were tested on both a visual and a tactile hidden-figure task. For each task, the subjects were familiarized with a particular figure and were then asked to locate the test figure when it was embedded in a complex configuration. The criterion of performance was the time required to complete the task. The results revealed that performance on both embedded figure tasks was significantly poorer in the elderly group. This difference in performance could not be attributed to differences in intelligence nor to elevated tactile thresholds in the elderly group.

Audition. — In a series of laboratory experiments (Weiss, 1963), age changes in auditory processes were studied using fifteen healthy young male volunteers and forty-seven male volunteers over 65 years of age. The latter group was subdivided into a group of twenty-seven clinically healthy men and twenty men with asymptotic or subclinical diseases. One experiment required the subjects to distinguish between two clicks and one click presented diotically (same stimulus to both ears) at 30 db above threshold. It was found that the temporal discrimination threshold for the young subjects did not differ from that for the healthy old subjects (1.80 and 1.72 msec., respectively, between clicks), while the less healthy old subjects had an increased threshold (3.20 msec.). When the subjects were asked to report the number of pulses which were heard in a given time interval, all subjects performed more poorly as the number of stimuli and the rate of presentation were increased, but the older subjects showed the loss to a greater degree than the young.

In another situation, the subjects were required to repeat a series of numbers presented diotically and, then, dichotically (different number to each ear simultaneously). For the diotic presentation, the young subjects had a forward memory span of about seven digits, while the old had a span of about six digits. For the dichotic presentation, the young subjects had a span of two to three digits, depending on the presentation rate, while the old had a span of one to two. The healthy old did better than the other old subjects.

The conclusion from these and other studies in this series was that age does produce differences in auditory processes. If, as defined in this work, temporal discrimination is taken as a measure of sensory function and the judgment of numerousness is taken as a perceptual process, then age affects both auditory sensation and perception; however, these age changes are not necessarily correlated.

A more recent experiment has also shown that a difference exists in short-term auditory retention between young subjects (19 to 31 years) and old subjects (45 to 60 years) (Griew and Davies, 1962). The subjects listened to a tape recording of a series of digits presented at the rate of one per second for 40 minutes. The task of the subjects was to record the occurrence of any three consecutive odd digits by writing them down on paper. The mean number of digits correctly reported by the young group (25.90) was significantly higher than that for the old group (19.50). Since the two groups did not differ on two other auditory tasks, the results were interpreted as suggesting that the difference in performance was due to the additional load on short-term retention which could not be effectively handled by the old group.

11. - Some Theoretical Considerations. — In the preceding sections of this paper, it has been shown that the process of aging is,

in general, a process of declining capacities in the sensory and perceptual functions of man. Some of these processes show a gradual decline from early adulthood through maturity, followed by a marked drop in the senescent period of the sixties and seventies. Other functions remain fairly normal and constant through adulthood and start to show the beginnings of impairment in the late fifties. While these aging effects have been well-established, the theoretical explanations of these effects vary considerably. Some of these have already been considered in earlier sections of this paper. At this point, a few additional theories and hypotheses will be mentioned to provide some perspective on the breadth of explanations which have been offered in this area.

Brebner (1962) found that old subjects (65 to 88 years) made significantly greater errors than young subjects (20 to 27 years) in judging the lengths of lines ranging from 1.6 inches to 2.5 inches. However, the two groups did not differ markedly in their ability to sort a pack of cards containing lines of different length into a number of smaller packs with lines of equal length. It was hypothesized that in the judgments of lengths of lines, « some central « masking » effect acts to reduce the relative differences between signals for the older subject. Such « masking » could be produced by increasing « noise » level, or to other neurophysiological changes such as the reduction in cellular units in the cortex with age ».

Fietel (1957) obtained data which showed that a group of institutionalized older persons in their sixties significantly underestimated time intervals (30, 60, 180, and 300 sec.) when compared with a younger group in their twenties. It was suggested that the more positive outlook on the future by the younger group may have produced greater accuracy in time judgments than the gloomy perspective of the older group. The inference was made that « the older person with a legitimate self-projection into the future tends to have a more correct sense of objective time, which may increase the probability of better adjustment ».

In a study of depth perception (Hoffman, Price, Garrett, and Rothstein, 1959), it was found that there were no differences between aged normal subjects (60 to 69 years) and aged brain-damaged subjects (61 to 70 years), but both groups did significantly poorer than young normals (23 to 38 years). The task was similar to that of the Howard-Dolman apparatus, requiring the visual alignment of two vertical bars. The authors concluded that the ability to judge depth is primarily a perceptual one, with the motor component of the aligning procedure being of minor importance. It was further asserted that « depth perception is influenced by age rather than by brain damage *per se* ».

Griew and Lynn (1960) and Griew, Fellows, and Howes (1963) have advanced the hypothesis that the Hullian concept of « reactive inhibition » may be particularly useful in interpreting age changes in

performance. The basic notion is that reactive inhibition is generated more rapidly, and dissipated more slowly, with increasing age. In both studies, subjects fixated on the center of a rotating Plateau spiral, drawn in black ink on a white card, for a specific amount of time. Following this exposure, the subject reported when the after-effect of opposite rotation was no longer observed. For younger subjects (18 to 25 years), the mean duration of the after-effect was determined to be a logarithmic function of stimulus duration; for older subjects (60 to 81 years), the function was exponential. It was concluded that « reactive inhibition generates more rapidly in older organisms than in the young ». Thus, constructs such as « reactive inhibition » and « satiation » might usefully be employed to account for age changes in human performance.

In an extended study (Clark, 1960), twenty-five variables were investigated with ten males and ten females in each decade from 20 to 70 years. The variables included age, sex, spatial ability, reasoning, reading preference, aspiration level responsiveness, letter comparison speed, critical aggressiveness, accuracy, associations, emotional recall, immediate recall, attitude to religion, systolic blood pressure, attitude to old age, hand strength, reaction time, auditory threshold, lens accommodation, word association latency, fear of death, maze errors, maze time, socio-economic status, and anomy. By means of factor analysis of the 25 by 25 correlation matrix, a single general aging factor was obtained which had a loading of 19 of the 25 measures and accounted for almost all of the variance of age. It was not possible to break this general factor into other components. It was concluded that « aging occurs along a single dimension, measured best by blood pressure (systolic), lens accommodation (near point of vision), and sound threshold (3000 Hz) and less well by ability and speed tests ».

It may be seen from the nature of the foregoing explanations, that no single hypothesis or theory has been formulated which can encompass the diversity of experimental results which have been obtained in the psychological study of aging. The work of Clark, however, is of particular significance; it strongly suggests that sensory impairments (lens accommodation and auditory threshold) play a primary role in the aging process. This tends to confirm many of the studies which have been summarized in this paper. Thus, it appears that theoretical explanations of behavioral changes in the aged must, at some level of analysis, consider the human senses and their ability to process information which is generated by the physical and social environment.

12. - Implications of Aging of the Human Senses. — It is to be expected that the foregoing sensory and perceptual changes which occur in aged persons are of considerable importance in relation to

their daily activities. The effectiveness of the behavior of older individuals in their work and home environments must in various ways be altered by the passing years. It has been suggested (Welford, 1958) that the major effects of aging are to be observed in those tasks which require the reception and organization of incoming sensory data. The results of the studies cited in this paper have indicated the nature of some of these effects and the extent to which behavior is affected by the aging process.

Although significant differences were frequently obtained between younger and older persons in these studies, it should not be assumed that all these differences are necessarily of practical consequence. An elevated sensory threshold, for example, may or may not be important in a given work situation depending upon the particular job requirements. In other circumstances, poor sensitivity could lead to difficulties for older people, as in night driving. The loss of visual sensitivity, the increased sensitivity to glare, and the constriction of the visual field (Burg, 1968) present serious obstacles to effective driving behavior. Since it is known that sensory and perceptual functions tend to deteriorate with age, older people should not be required to perform daily activities under environmental conditions which have been established and prescribed for normal young adults. The deficits of aging should be compensated for, as much as possible, by altering the conditions to meet the needs of older people—such as maintaining higher ambient illumination, providing enlarged signs of high contrast, reducing the level of background noise, simplifying auditory messages and visual displays, and requiring fewer alternations of attention in a work task.

One difference in the behavior of older and younger individuals which has not been covered in this paper is the speed of performance. In general, older people are slower to respond under most conditions of stimulation. This effect could be due to the increased time required to obtain a positive discrimination of the stimulus, inasmuch as the receptors of older individuals impart less information per unit time to the central nervous system, or it might indicate that the older person is more cautions and wishes to examine the stimulus for a longer period of time before responding. Perhaps both factors are operating to some extent. Thus, when the facts of reduced sensory input are coupled with those of decreased speed of response, the expectancy is enhanced that human behavior will be adversely affected by advancing age. The combination of these factors suggests that performance will become poorer and that the general activity level of the older person will be reduced.

The results of several studies have shown clearly that with age, there is a gradual diminution in the number of receptor elements and associated nerve fibers which are available for mediating responses

in a given sensory modality. Fortunately, the changes which occur in sensory and perceptual functions due to aging are not entirely dependent on anatomical considerations. Sensory data must be organized and interpreted in the brain; the evidence indicates that intelligence and the level of education can, to a limited extent, offset the deleterious effects of age. The deterioration of the sensory systems *per se* probably does not impose a serious limitation on human behavior until about the seventh decade. Up to that time, other factors such as occupational trauma, personal injuries, diseases, and accumulated minor aliments may play a more important role in producing behavioral changes than the intrinsic effects of the aging process.

Cortland, State University of New York, Department of Psychology.

J. F. Corso

REFERENCES

[1] Allara E. - *Ricerche nell'organo del gusto dell'uomo.* 1. *La struttura delle papille gustative nelle varie età della vita.* Arch. ital. anat. e embriol., 1939, 42, 406-564.

[2] American Standards Association. - Exploratory Subcommittee Report, Z-24-X-2: *The Relation of Hearing Loss to Noise Exposure.* New York: American Standards Association, Inc., 1954.

[3] Axelrod S. and Cohen L. D. - *Senescence and embedded-figure performance in vision and touch.* Percept. mot. Skills, 1961, 12, 283-288.

[4] Axelrod S. and Eisdorfer C. - *Senescence and figural after-effects in two modalities.* J. genet. Psychol., 1962, 100, 85-91.

[5] Beasley W. C. - National Health Survey (1935-1936) Preliminary Reports, Hearing Study Series, Bulletins 1-7. Washington, D.C.: U.S. Public Health Service, 1938.

[6] Birren J. E. - *The Psychology of Aging.* Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1964.

[7] Birren J. E., Casperson R. C. and Botwinick J. - *Age changes in pupil size.* J. Geront. 1950, 5, 216-221.

[8] Birren J. E. and Shock N. W. - *Age changes in rate and level of visual dark adaptation.* J. appl. Physiol., 1950, 2, 407-411.

[9] Botwinick J., Robbin J. S. and Brinley J. F. - *Reorganization of perception with age.* J. Gerontol., 1959, 14, 85-88.

[10] Boulière F., Cendron H. et Rapaport A. - *Modification avec l'age des seuils gustatifs de perception et de reconnaissance aux saveurs salee et sucree, chez l'homme.* Gerontologia, 1958, 2, 104-112.

[11] Brebner J. - *The effect of age on judgments of length.* J. Gerontol., 1962, 17, 91-94.

[12] Burg A. - *Lateral visual field as related to age and sex.* J. appl. Psychol., 1968, 52, 10-15.

[13] Byrd E. and Gertman S. - *Taste and sensitivity in aging persons.* Geriatrics, 1959, 14, 381-384.

[14] Calearo C. and Lazzaroni A. - *Speech intelligibility in relation to the speed of the message.* Laryngoscope, 1957, 67, 410-419.

[15] Cobrin K. and Gardner E. - *Decrease in number of myelinated fibers in human spinal roots with age.* Anat. Rec., 1937, 68, 63-74.

[16] Cohen T. and Gitman L. - *Studies in the gastrointestinal tract in the aged.* J. Gerontol., 1958, 13, 441 (Abstract).

[17] Cohen T. and Gitman L. - *Oral complaints and taste perception in the aged.* J. Gerontol., 1959, 14, 294-298.

[18] Clark J. W. - *The aging dimension: a factorial analysis of individual differences with age on psychological and physiological measurements.* J. Gerontol., 1960, 15, 183-187.

[19] Clay H. M. - *An age difficulty in separating spatially contiguous data.* J. Gerontol., 1956, 11, 318-322.

[20] Cooper R. M., Bilash I. and Zubek J. P. - *The effect of age on taste sensitivity.* J. Gerontol., 1959, 14, 56-58.

[21] Corso J. F. - *Age and sex difference in pure-tone thresholds.* Arch. Otolaryngol., 1963, 77, 385-405.

[22] Corso J. F. - *The Experimental Psychology of Sensory Behavior.* New York: Holt, Rinehart, and Winston, Inc. 1967a.

[23] CORSO J. F. - *Sensory processes: systematic developments and related data*, Chap. 7, pp. 273-309. In Helson, H. and Bevan, W. (Eds.), Contemporary Approaches to Psychology. Princeton, N. J.: D. Van Nostrand, 1967b.

[24] COSH J. A. - *Studies on the nature of the vibration sense.* Clin. Sci., 1953, 12, 131-151.

[25] DICKSON E. D. D. - *The assessment of compensation for noise-induced hearing loss.* Internat. Audiol., 1967, 6, 37-39.

[26] EL-BARADI A. F. and BOURNE G. H. - *Theory of tastes and odors.* Science, 1951, 113, 660-661.

[27] FANKHAUSER F. and SCHMIDT TH. - *Die untersuchung der funktionen des dunkeladaptierten auges mit dem adaptometer Goldmann-Weekers.* Ophthalmologica, 1957, 133, 264-272.

[28] FIETEL H. - *Judgment of time in younger and older persons.* J. Gerontol., 1957, 12, 71-74.

[29] GIBSON J. J. - *Adaptation, after-effect, and contrast in the perception of curved lines.* J. exp. Psychol., 1933, 16, 1-31.

[30] GLORIG A. and NIXON J. - *Hearing loss as a function of age.* Laryngoscope, 1962, 72, 1596-1610.

[31] GLORIG A., WHEELER D., QUIGGLE R., GRINGS W. and SUMMERFIELD A. - 1954 *Wisconsin State Fair Hearing Survey.* Subcommittee on Noise in Industry of the Amer. Acad. Ophthalmology and Otolaryngology, 1957.

[32] GLORIG A., SUMMERFIELD A. and NIXON J. - *Distribution of hearing loss in non-exposed populations.* Proc. Internat. Cong. Acoustics, Stuttgart, 1950.

[33] GRIEW S. and DAVIES D. R. - *The effect of aging on auditory vigilance performance.* J. Gerontol., 1962, 17, 88-90.

[34] GRIEW S., FELLOWS B. J. and HOWES R. - *Duration of spiral aftereffect as a function of stimulus exposure and age.* Percept. mot. Skills, 1963, 17, 210.

[35] GRIEW S. and LYNN R. - *Constructive « reaction inhibition » in the interpretation of age changes in performance.* Nature, 1960, 186, 182.

[36] GUTH S. K., EASTMAN A. A. and MCNELIS J. F. - *Lighting requirements for older workers.* Illum. Eng., 1956, 51, 656-660.

[37] HARRIS W. - *Fifth and seventh cranial nerves in relation to the nervous mechanism of taste sensation. A new approach.* Brit. J. Med., 1952, 1, 831-836.

[38] HEATH H. A. and ORBACH J. - *Reversibility of the Necker cube: IV. Responses of elderly people.* Percept. mot. Skills, 1963, 17, 625-626.

[39] HERZBERG F. - *Relationship of age to pain in dental operative procedures with rotating instruments.* J. Gerontol., 1958, 13, 167-168.

[40] HIMEL H. A. and MACDONALD R. I. - *A fallacy in clinical medicine—vibration sense in the aging and the aged.* Can. Med. Assoc. J., 1957, 77, 459-462.

[41] HINCHCLIFFE R. - *The threshold of hearing as a function of age.* Acustica, 1959, 9, 303-308.

[42] HOFFMAN C. S., COOPER-PRICE A., GARNETT E. S. and ROTHSTEIN W. - *Effect of age and brain damage on depth perception.* Percept. mot. Skills, 1959, 9, 283-286.

[43] HOWELL T. H. - *Senile deterioration of the central nervous system.* Brit. Med. J., 1949, 1, 56-68.

[44] JALAVISTO E. - *The phenomenon of retinal rivalry in the aged.* Gerontologia, 1964, 9, 1-8.

[45] JATHO K. and HECK K. H. - *Schwellen audiometrische untersuchungen über die progredienz und charakteristik der alterschwerhörigkeit in den verschiedenen lebensabschnitten.* Zeitschr. Laryng. 1959, 38, 72.

[46] JOHANSEN H. - *Den aldersbetingede tunghorh'ed, Munksgaard, Kobenhavn,* 1943.

[47] KOHLER W. and WALLACH H. - *Figural after-effects: an investigation of visual processes.* Proc. Amer. Phil. Soc., 1944, 88, 269-357.

[48] KONIG J. - *Pitch discrimination and age.* Acta Otolaryngol., 1957, 48, 473-489.

[49] LEOPOLD I. H. - *The Eye,* chap. 38, pp. 420-427. In Freeman, J. T. (Ed.). *Clinical Features of the Older Patient.* Springfield, Ill.: Charles C. Thomas, 1965.

[50] LISS L. and GOMEZ F. - *The nature of senile changes of the human olfactory bulb and tract.* Arch. Otolaryngol., 1958, 67, 167-171.

[51] MCEWEN P. - *Figural after-effects.* Brit. J. Psychol. Monog. Suppl., No. 31, 1958.

[52] MISIAK H. - *Age and sex differences in critical flicker frequency.* J. exp. Psychol., 1947, 37, 318-332.

[53] MISIAK H. - *Recent studies on the effect of aging on the fusion of intermittent light.* Acta Psychol., 1961, 19, 159-160.

[54] MORGAN C. T. and KING R. A. - *Introduction to Psychology.* New York: McGraw-Hill Book Co., 1966.

[55] PESTALOZZA G. and SHORE I. - *Clinical evaluation of presbycusis on basis of different tests of auditory function.* Laryngoscope, 1955, 65, 1136-1163.

[56] POLLACK R. H. - *Figural after-effects as a function of age.* Acta Psychol., 1960, 17, 417-423.

[57] RICH T. A. - *Perceptual after-effects, learning and memory in an aged group.* Ph. D. dissertation, Univ. of Florida, 1957.

[58] ROBERTSON G. W. and YUDKIN J. - *Effect of age upon dark adaptation.* J. Physiol., 1944, 103, 1-8.

[59] RONGE H. - *Altersveraenderungen des beruchrungssinnes: druck punktschwellen und druck punktfrequenz.* Acta Physiol. Scand., 1943, 6, 343-352.

[60] ROZEBOOM W. W. - *Do stimuli elicit behavior? A study in the logical foundations of behavioristics.* Phil. Sci., 1960, 27, 159-170.

[61] ROSEN S., BERGMAN M., PLESTER D., EL-MOFTY A. and SATTI M. H. - *Presbycusis study of a relatively noise-free population in the Sudan.* Ann. Otolog., 1962, 71, 727-743.

[62] SACHER G. A. - *On longevity regarded as organized behavior: The role of brain structure,* Chap. 9, pp. 99-110. In Kastenbaum, R. (Ed.), Contributions to the Psychobiology of Aging. New York: Springer Publishing Co., Inc., 1965.

[63] SAID F. S. and WEALE R. A. - *The variation with age of the spectral transmissivity of the living human crystalline lens.* Gerontologia, 1959, 3, 213-231.

[64] SATALOFF J. - *Otolaryngologic Problems,* Chap. 39, 428-434. In Freeman, J.I. (Ed.). Clinical Features of the Older Patient. Springfield, Ill.: Charles C. Thomas, 1965.

[65] SCHLUDERMANN E. and ZUBEK J. P. - *Effect of age on pain sensitivity.* Percept. mot. Skills, 1962, 14, 295-301.

[66] SCHUKNECHT H. F. - *Further observations on the pathology of presbycusis.* Arch. Otolaryngol, 1964, 80, 369-382.

[67] SHERMAN E. D. - *Sensitivity to pain.* Can. Med. Assoc. J., 1943, 48, 437-441.

[68] SPOOR A. - *Presbycusis values in relation to noise induced hearing loss.* Internat. Audiol., 1967, 6, 48-57.

[69] THURNER F. K. and SEYFRIED H. - *Are figural after-effects dependent upon age?* Acta Psychol., 1962, 20, 58-67.

[70] WAPNER S., WERNER H., and COMELLI JR. P. E. - *Perception of part-whole relationships in middle and old age.* J. Gerontol, 1960, 15, 412-416.

[71] WEALE R. A. - *The Eye and Its Function.* London: Hatton Press, 1960.

[72] WEALE R. A. - *Notes on the photometric significance of the human crystalline lens.* Vision Res., 1961a, 1, 183-191.

[73] WEALE R. A. - *Retinal illumination with age.* Trans. Illum. Eng. 1961b, 26, 95-100.

[74] WEALE R. A. - *On the Eye,* Chap. 16, pp. 307-326. In Welford, A. T. and Birren, J. E. (Eds.). *Bahavior, Aging and the Nervous System.* Springfield, Ill.: Charles C. Thomas, 1965.

[75] WEEKERS R. and ROUSSEL F. - *Introduction à l'étude de la fréquencé de fusion en clinique.* Ophthalmologica, 1946, 112, 305-319.

[76] WEISS A. D. - *Auditory perception in aging,* Chap. 9, pp. 109-140. In Birren, J. E., Butler, R. N. Greenhouse, S. W. Sokoloff, L. and Yarrow M. R. (Eds.). *Human Aging: A Biological and Behavioral Study.* Washington, D.C.: U. S. Government Printing Office, Public Health Service Publication No. 986, 1963.

[77] WELFORD A. T. - *Ageing and Human Skill.* London: Oxford Univer. Press, 1958.

[78] WELFORD A. T. - *Performance, biological mechanisms and age: A theoretical sketch,* Chap. I, pp. 3-20. In Welford, A. T., and Birren, J. E., (Eds.). Behavior, Aging, and the Nervous System. Springfield, Ill.: Charles C. Thomas, 1965.

[79] WILSON T. R. - *Flicker fusion frequency, age, and intelligence.* Gerontologia, 1963, 7, 200-208.

[80] ZOBEL H. - *Die sensibilität der hornhaut in den verschiedenen lebensaltern.* von Graetes Arch. Ophth., 1938, 139, 668-676.

LE PROBLÈME DES PARADOXES LOGICO-MATHÉMATIQUES

L'auteur montre qu'on n'a pas exploré toutes les possibilités de la logique classique dans les tentatives pour résoudre les paradoxes logico - mathématiques. Il montre qu'il existait déjà au Moyen Age une théorie des particules syncatégorématiques, capable d'éclaircir les points obscurs de ce problème. En construisant des paradoxes nouveaux, plus généraux que ceux connus jusqu'à présent, l'auteur montre qu'il est possible de trouver une solution aux paradoxes en tenant compte de deux des conditions de la définition.

I. INTRODUCTION. — A la fin du siècle dernier, un mathématicien italien, C. Burali-Forti[1], découvrait une contradiction dans la théorie des ensembles: le plus grand nombre ordinal n'est pas le plus grand! Au premier abord la question a été regardée comme une curiosité plutôt que comme un problème réel. Mais plusieurs autres paradoxes le suivirent: le paradoxe de Cantor (publié plus tard par Zermelo), celui de Russell, de Richard, de Zermelo-König de Grelling-Nelson, etc., et enfin, le plus troublant de tous, le paradoxe de Gödel.

On a cru, tout d'abord, qu'il s'agissait d'une simple erreur de logique et beaucoup de logiciens se sont acharnés à en trouver une solution par les moyens de la logique classique. Bertrand Russell lui-même nous avoue ses tentatives inutiles dans cette direction. Voici ce qu'il écrit textuellement: « Après avoir terminé *Les Principes des Mathématiques* j'ai entrepris une tentative décisive pour résoudre les paradoxes. Je regardais ces paradoxes comme une provocation directe à mon adresse et, s'il fallait, j'aurais dédié ma vie entière à la recherche d'une solution. Deux motifs rendaient cette chose absolument désagréable. Premièrement, le problème entier m'apparaissait trivial et je détestais le fait que je devais concentrer mon attention sur des problèmes qui ne paraissaient pas intrinsèquement intéressants. Deuxièmement, exténué comme je l'étais, je n'ai pu enregistrer aucun progrès. En 1903 et 1904 j'ai travaillé presque exclusivement à ce problème, mais sans trace de progrès »[2].

A la fin, Russell a proposé une théorie personnelle pour résoudre ces antinomies, appelée par son auteur « la théorie des types ». Mais cette théorie n'était pas digne d'une grande confiance et cette méfiance était professée même par son auteur, qui écrivait: « La théorie des

[1] C. BURALI-FORTI. *Una questione sui numeri transfiniti* (Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo, vol. XI, 1897).

[2] B. RUSSELL. *My Philosophical Development, Londres*, 1959.

types n'appartient pas d'une façon absolue à la partie achevée et certaine de notre sujet. Cette théorie est encore passablement chaotique, confuse et obscure. Le besoin d'une théorie des types n'est pas douteux mais cette doctrine attend encore une forme précise ».[1]

D'autres logiciens et mathématiciens ont cherché une solution plus satisfaisante que la théorie des types, mais sans la trouver: Richard, Ramsey, Behmann, Perelman, Quine, Church, Ackermann, etc.

Le caractère commun de toutes les solutions offertes jusqu'à présent est qu'elles sont conventionnelles. Cette conventionnalité des solutions des paradoxes logico - mathématiques dénote leur caractère précaire, mais il est accepté carrément par les logiciens en général. Par exemple, voici ce qu'écrit Reichenbach à ce sujet: « On a posé la question de savoir s'il est nécessaire d'introduire ces règles. Une chose paraît claire: la seule raison que nous pouvons donner pour de telles règles c'est qu'elles excluent les contradictions. La question ne se pose pas si la théorie des types ou la théorie des niveaux de langage, est vraie. Ces théories représentent des restrictions des règles de formation et par conséquent des *conventions* introduites pour la raison de rendre notre langage conséquent »[2].

Toutes ces conventions provoquent un malaise intellectuel indiscutable, et il y a des logiciens des plus grands qui ont éprouvé une véritable insatisfaction intellectuelle à l'égard de ces conventions.

En acceptant cette position conventionnaliste, les logiciens ont fait encore un pas en avant: ils ont accusé la logique classique d'impuissance et ont contesté même la possibilité d'exprimer quelquechose d'une façon exacte dans le langage naturel. Mais par là ils commettent deux erreurs: les plus grands penseurs ont pensé dans ce langage naturel et d'après les règles de la logique classique et c'est ainsi qu'ils ont fait leurs grandes découvertes; on ne peut affirmer d'une manière absolue que l'on a exploré toutes les possibilités de la logique traditionnelle.

Mais une chose reste indiscutable: les paradoxes peuvent être formulés dans le cadre de la logique traditionnelle mais aussi bien dans le cadre de tout système logico - formel (qui ne se défend pas par une convention supplémentaire); la solution n'a été donnée ni dans la logique traditionnelle ni dans les systèmes logico-mathématiques. Nous tirons donc la conclusion: la logique traditionnelle ainsi que la logique formalisée engendrent des paradoxes mais toutes les deux sont incapables de les résoudre autrement que par un axiome supplémentaire (au moins jusqu'à présent). Par conséquent, les systèmes logico-formels de la logique classique n'ont aucun avantage par rapport à la logique traditionnelle, dans le problèmes des paradoxes.

[1] B. Russell. *Introduction to Mathematical Philosophy*, Londres, 1919.

[2] H. Reichenbach. *Elements of Symbolic Logic*, New York, 1948.

II. La théorie scolastique des syncategoremata et la solution des paradoxes. — Les logiciens scolastiques accordaient une importance particulière à un problème de logique méconnu de notre temps: le problème des particules *syncategoremata*.

Le problème des *syncategoremata* puise son origine dans les travaux d'un grammairien latin, Priscianus (qui tenait une école célèbre à Constantinople, vers la fin du Ve siècle et au commencement du VIe siècle) et spécialement dans son oeuvre capitale *Institutiones grammaticae* (en XVIII livres), oeuvre visiblement influencée par les théories logico - grammaticales des Stoïciens. Mais on peut trouver les traces de cette théorie même chez Aristote.

Les logiciens du Moyen Âge (qui écrivaient des traités entiers sur les *syncategoremata*) séparaient les mots en deux catégories: les mots qui ont un sens autonome, par eux-mêmes, et ce sont seulement le substantif et le verbe qui s'appellent *categoremata*; les autres mots, comme les prépositions, conjonctions, adjectifs indéterminés, particules de liaison, particules de flexion, etc., n'ont pas un sens déterminé et autonome mais ils reçoivent un sens déterminé seulement dans la proposition en rapport avec les *categoremata* et pour cela s'appellent *syncategoremata* (consignificatifs).

Chaque sens d'une particule *syncategorema* était complètement précisé parce que chaque *syncategorema* pouvait prendre par accident diverses significations et si l'on confondait ces sens différents on pouvait facilement tomber dans un sophisme. Or en cela ils suivaient de près le précepte d'Aristote qui avait écrit: « En effet, il est difficile de distinguer quelles sortes de choses sont signifiées par le même mot et quelles sortes de choses sont signifiés par des mot différents. Celui qui est capable de faire cette distinction est très près de la connaissance de la vérité »[1].

Or cette remarque a été faite, de notre temps, par L. Wittgenstein: « Dans le langage habituel il arrive souvent que le même mot ait une double signification - et par conséquent appartienne à deux symboles différents - ou que deux mots, qui signifient dans deux façons différentes, soint apparemment utilisés dans la même façon. C'est ainsi que soint angendrées les erreurs les plus fondamentales (dont la philosophie entière abonde). Pour éviter ces erreurs, nous devons employer un symbolisme qui les exclue, en n'utilisant pas le même signe dans des symboles différents et en n'utilisant pas les mêmes signes quand ils ont des significations différentes »[2].

Bref, ces distinctions exigées par Aristote (et recommandées par Wittgenstein aussi), les logiciens scolastiques les ont faites par leur théorie des *syncategoremata*.

Nous allons maintenant nous occuper de plus près du mot *omnis-*

[1] Aristote. *De Sophisticis Elenchis*, 7, 100 a.

[2] L. Wittgenstein. *Tractatus Logico - Philosophicus*, prop. 3.323-3.325.

tout, qui est appelé dans la logique mathématique « l'opérateur de généralisation » ou « le quantificateur universel » et qui a provoqué des problèmes insolubles.

Le célèbre traité *Summulae Logicales* de Pierre d'Espagne donne deux sens pour *omnis*:

1. le sens collectif, quand il a la signification *universale* (signification prédicative), comme dans la proposition « *Omnes apostoli dei sunt duodecim* » et où le sens de *omnis* a la puissance de rassembler dans une collection tous les apôtres, construisant ainsi la classe des apôtres;

2. le sens distributif comme dans la proposition par laquelle commence la *Méthaphysique* d'Aristote « *Omnes homines naturaliter scire desiderant* », ce qui peut se traduire, de cette manière distributive, par son équivalent correct « Tout homme désire, d'une manière naturelle, savoir ». On voit qu'ici le mot *omnis* n'est pas employé *universale* mais *universaliter* (signification adverbiale, non - prédicative).

Si l'on ne tient pas compte de ces différences de sens on tombe dans des sophismes bien connus, par exemple le paralogisme:

Omnes apostoli dei sunt duodecim;
Petrus et Jacobus sunt apostoli;
Ergo: *Petrus et Jacobus sunt duodecim.*

L'erreur consiste dans le fait de confondre le sens « collectif » avec le sens « distributif »; par sa signification collective, dans la première prémisse, *omnes* forme la classe des douze apôtres, mais comme il n'est pas distributif, il n'attribue pas le prédicat *sunt duodecim* à chaque membre de la classe, ou à deux de ces membres.

Par exemple, dans la proposition d'Aristote, déjà citée: « *Omnes homines naturaliter scire desiderant* », Pierre d'Espagne nous donne cette explication: le mot *omnis* est employé dans le sens *universaliter* ce qui fait que le terme commun auquel il est attaché est placé pour tous ses termes inférieurs - *quia facit terminum communem suum stare pro omnibus suis inferiores.*

Maintenant analysons des paradoxes logico-mathématiques en tenant compte des deux sens du quantificateur universel *omnis.*

Le paradoxe de Burali-Forti[1]. On démontre dans la théorie des ensembles que: 1. toute série de nombres ordinaux définit un nombre ordinal; 2. Ce nombre ordinal est plus grand d'une unité que le plus grand nombre ordinal de la série considérée; 3. la série des ordinaux (dans l'ordre de leurs grandeurs) est bien ordonnée. Considérons maintenant la série de *tous* les nombres ordinaux; cette série définit un nombre ordinal, notons-le Ω, qui est le plus grand de tous les nombres. Dans ce cas la série de *tous* les nombres ordinaux contient le

[1] Nous donnons l'énoncé de ce paradoxe d'après B. RUSSELL, tel qu'il est formulé dans *Principia Mathematica*, vol. 1.

nombre ordinal Ω et donc le nombre ordinal défini par cette série (de toutes les séries) n'est pas Ω, mais $\Omega + 1$. La contradiction est frappante: le plus grand nombre ordinal Ω n'est pas le plus grand!

Solution. On peut résoudre ce paradoxe en se basant sur la théorie scolastique des particules syncatégorématiques.

Considérons *tous* les nombres ordinaux possibles, définis plus haut par les séries de nombres ordinaux. Pour éviter ce « joujou logique », comme disait Poincaré, écrivons sur une feuille de papier la proposition:

(1). « Nous avons considéré *tous* les nombres ordinaux possibles et nous affirmons que nous n'avons négligé aucun nombre ordinal, car c'est seulement de cette façon que nous avons le droit d'affirmer que nous les avons pris *tous*, et parmi eux se trouve le plus grand ordinal possible Ω ».

Maintenant énonçons la proposition:

(2). « Considérons la série de *tous* les nombres ordinaux possibles inclusivement Ω, le plus grand ordinal; alors cette série définit un autre nombre ordinal, $\Omega + 1$, qui n'est pas compris dans la série de *tous* les nombres ordinaux possibles, déterminés par (1).

Mais la contradiction exprimée par la proposition (2) n'est pas possible. Il n'y a pas d'autre nombre ordinal en dehors de *tous* les nombres ordinaux considérés par la proposition (1). Si l'on pouvait penser un autre ordinal, le nombre $\Omega + 1$, alors il faudrait qu'il se trouvât déjà parmi *tous* les ordinaux possibles, parce que cette fois-ci, nous ne considérons plus que *tous* ne signifie par *tous*!

Dès lors, dans la proposition (2) « Considérons la série de *tous* les nombres ordinaux possibles, inclusivement Ω, le plus grand », le mot *tous* n'a plus le sens collectif ou « catégorématique »; le mot *tous* dans la proposition (2) ne peut avoir que le sens distributif ou « syncatégorématique ». La proposition (2) a donc exactement le sens: « Considérons chacun de *tous* les nombres ordinaux possibles, inclusivement Ω, le plus grand..... » et dans cette proposition, le terme commun (nombres ordinaux) est posé (*suppositum*) pour tous ses termes inférieurs sans réaliser une série nouvelle, qui n'existe pas, conformément à notre engagement (1).

La classe de toutes les classes. Une série de paradoxes sont construits avec la « classe de *toutes* les classes ». Procédons comme plus haut et écrivons:

(1). Considérons toutes les classes possibles inclusivement la dernière, la plus grande possible Ω:

$$\omega_1, \omega_2, \omega_3, \ldots, \Omega.$$

Nous pouvons affirmer que nous les avons prises *toutes* si et seulement si, il n'y a pas d'autre classe en dehors de ces classes.

Maintenant écrivons encore:

(2). Prenons *toutes* les classes possibles ω_1, ω_2, ω_3, ..., Ω; elles forment une nouvelle classe U qui ne se trouve pas parmi toutes les classes possibles de l'énoncé (1).

Mais la proposition (2) n'est pas possible, ou mieux elle a le sens distributif: « prenons chacune de toutes les classes possibles ω_1, ω_2, ω_3, ..., Ω, et il n'y a plus de contradiction. Le sens collectif de *toutes* a été épuisé par la proposition (1) et dans la proposition (2) *toutes* est posé (*suppositum*) pour tous ses termes inférieurs.

Le paradoxe de Cantor. Cantor a trouvé cette contradiction en 1899 mais elle n'a été publiée qu'en 1926 par Zermelo.

Soit M l'ensemble de *tous* les ensembles et Nc son nombre cardinal: Nc est la plus grand nombre cardinal possible. Mais d'autre part, un théorème bien connu de la théorie des ensembles dit: le nombre cardinal de l'ensemble de tous les sous-ensembles de M est plus grand que le nombre cardinal de l'ensemble M. Donc: le nombre cardinal le plus grand n'est pas le plus grand!

Mais comme nous l'avons montré, l'ensemble (classe) de *tous* les ensembles (classes) suppose le sens distributif de *tous* qui n'a pas dans ce cas la puissance de réunir *tous* les ensembles dans une unité fermée[1].

III. Construction de paradoxes nouveaux. — Pour expliciter le mécanisme logique réel des paradoxes logico-mathématiques nous allons construire une série de paradoxes nouveaux, ayant un type plus général que ceux connus jusqu'à présent, qui ne sont que des cas particuliers des paradoxes construits par nous.

* * *

Le paradoxe compatible - incompatible et son cas particulier le paradoxe de Russell.

1. Le paradoxe de Russell. — Russell a découvert en 1903 un paradoxe apparenté à celui de Cantor, mais ayant une structure logique plus simple. On constate qu'il y a des ensembles qui s'appar-

[1] Dans son intéressante étude « *Le antinomie concettuali ed il paradosso di Russell* (Rivista di Filosofia neo-scolastica, Anno XLIX, Fasc. II, 1957), Francesca Rivetti Barbó retrouve ces deux sens de « *tous* » - collectif et distributif - indépendamment des logiciens scolastiques. L'auteur affirme une « *necessaria distinzione tra universali distributivo e tutto collectivo* » (p. 165).

tiennent comme élément et qu'il y a aussi des ensembles qui ne s'appartiennent pas comme élément. Par exemple, l'ensemble de toutes les notions abstraites est lui-même une notion abstraite, donc il se contient comme élément; l'ensemble de toutes les notions imaginables est lui-même une notion imaginable donc il s'appartient comme élément; l'ensemble de toutes les notions déterminées est lui-même une notion déterminée, donc il s'appartient comme élément.

Au contraire, l'ensemble de tous les mammifères, par exemple, n'est pas lui-même un mammifère, donc il ne s'appartient pas comme élément. Quoique l'existence des ensembles qui s'appartiennent comme élément ait été contestée, le problème qui suit ne dépend pas du fait que de tels ensembles existent ou n'existent pas, comme l'a très bien observé Fraenkel, puisque la proposition « tout ensemble s'appartient comme élément ou ne s'appartient pas *tertium non datur* » est une tautologie et vraie donc toujours, indépendamment du fait qu'en réalité existent ou non de tels ensembles. Tous les ensembles qui se contiennent comme élément forment un nouvel ensemble G; tous les ensembles qui ne se contiennent pas comme élément forment un nouvel ensemble Γ. Puisque tout ensemble se contient comme élément ou ne se contient pas, la troisième possibilité n'existant pas, il faut aussi que l'ensemble Γ se contienne ou ne se contienne pas comme élément. S'il se contient comme élément, alors il ne peut se contenir car, par sa définition, Γ ne contient que les ensembles qui ne se contiennent pas comme élément; si l'ensemble Γ ne se contient pas comme élément, alors, par définition, il se contient. La contradiction est frappante.

Plus tard, Russell (1905) a montré qu'on peut obtenir un paradoxe analogue sans introduire la notion d'ensemble, mais en utilisant seulement la notion de prédicat. Considérons un prédicat quelconque: s'il a la propriété exprimée par lui-même, nous dirons qu'il a la propriété d'être *prédicable*; s'il n'accepte pas la propriété exprimée par lui-même, nous dirons qu'il a la propriété *imprédicable*. Par exemple, le prédicat *abstrait* est lui-même abstrait, donc il est *prédicable*; le prédicat *imaginable* est lui-même imaginable, donc il est *prédicable*; le prédicat *déterminé* est lui-même déterminé, donc il est *prédicable*; au contraire, le prédicat *mammifère* n'est pas lui-même mammifère, donc il est *imprédicable*, etc. Etant donné un prédicat il admet comme prédicat la propriété qu'il exprime, ou il ne l'admet pas; tout prédicat est donc *prédicable* ou *imprédicable*, *tertium non datur*. Posons-nous maintenant ce problème pour le prédicat *imprédicable*: lui aussi doit être ou *prédicable* ou *imprédicable*, la troisième possibilité n'existe pas. Si *imprédicable* est *prédicable*, alors il admet la propriété exprimée par lui-même, donc il est *imprédicable:* si *imprédicable* est *imprédicable*, alors il a la propriété exprimée par lui-même donc il est *prédicable*. La contradiction est manifeste.

2. LE PARADOXE COMPATIBLE - INCOMPATIBLE. — Considérons tous les prédicats et écrivons-les dans un ordre quelconque, par exemple celui lexicographique (dans une langue choisie) en les numérotant dans cet ordre: $P_1, P_2, P_3, ..., P_n$. Considérons de nouveau les mêmes prédicats et écrivons-les dans un autre ordre, par exemple dans l'ordre lexicographique de leurs terminaisons (ou autrement, par des permutations déterminées dans la première série); nous les numéroterons dans cet ordre $Q_1, Q_2, Q_3, ... Q_n$. Les deux séries étant formées avec le même nombre de prédicats, on peut établir une correspondance biunivoque entre les prédicats de la première série et ceux de la deuxième; à chaque prédicat d'un rang déterminé de la première série correspond un prédicat du même rang de la deuxième série et un seul et inversement. Si un prédicat d'un rang donné de la première série accepte comme prédicat le prédicat du même rang de la deuxième série, nous dirons que le premier prédicat a la propriété d'être *compatible* avec le deuxième; dans le cas contraire nous dirons qu'il est *incompatible*. Dans les conditions définies plus haut, à tout prédicat d'un rang donné de la première série convient comme prédicat le prédicat du même rang de la deuxième série ou ne lui convient pas, *tertium non datur*: tout prédicat est *compatible* ou n'est pas *compatible*, la troisième possibilité n'existe pas. Par exemple, supposons que les prédicats qui se correspondent dans les rangs p, q, et r dans les deux séries seraient les suivants:

$P_1, P_2, ...,$ Mammifère$_p$, ..., Nombre$_q$, ..., Ordonné$_r$, ..., P_n.
$Q_1, Q_2, ...,$ Métal$_p$, ..., Abstrait$_q$, ..., Prédicat$_r$, ..., Q_n.

Dans ce cas nous avons: puisque le prédicat *Mammifère*$_p$ n'est pas un *Métal*$_p$, le prédicat *Mammifère*$_p$ est *incompatible* avec le prédicat *Métal*$_p$; le prédicat *Nombre*$_q$ est au contraire *compatible* avec le prédicat *Abstrait*$_q$; le prédicat *Ordonné*$_r$ est de même *compatible* avec le prédicat *Prédicat*$_r$, etc.

Mais *compatible* et *incompatible* sont eux-mêmes des prédicats et ils se trouvent donc dans la premiére série et aussi dans la deuxième. Fixons l'attention sur le prédicat *incompatible* que nous noterons *Inc*. Il se trouvera dans la première série à un rang quelconque, avec un nombre d'ordre parfaitement déterminé, soit h, donc il sera *Inc*$_h$ dans la deuxième série il se trouvera à un rang différent mais parfaitement déterminé k, donc il sera *Inc*$_k$ (Nous pouvons toujours avoir $h \neq k$, par un choix convenable de l'ordre). Nous avons les deux séries suivantes:

$$P_1, P_2, P_3, ..., Inc_h, ... P_k. ..., P_n.$$
$$Q_1, Q_2, Q_3, ..., Q_h, ..., Inc_k, ... Q_n.$$

Dans ces séries: $Inc_h \neq Q_h$ et $P_k \neq Inc_k$ mais $Inc_h = Inc_k$. Conformément aux définitions, le prédicat P_k, non-identique avec *Inc*$_k$, doit aussi être ou *compatible* ou *incompatible* avec *Inc*$_k$, *tertium non datur*.

Si le prédicat P_k est *compatible* avec Inc_k = *incompatible*, alors il admet comme prédicat le prédicat du même rang de la deuxième série qui est Inc_k = *incompatible*, donc il est *incompatible*; si le prédicat P_k est *incompatible*, alors il admet comme prédicat le prédicat Inc_k = *incompatible* qui est le prédicat du même rang de la deuxième série, donc il est *compatible*. L'antinomie est frappante.

On reconnaît immédiatement que le paradoxe de Russell, formé avec les prédicats *prédicable - imprédicable*, est un cas particulier de cette antinomie, quand les deux séries des prédicats ont été identiquement ordonnées, d'après un seul et même critérium. Dans ce cas, *incompatible* devient *imprédicable* = Imp_h, et h = k:

$$P_1,\ P_2,\ P_3,\ \ldots\ Imp_h,\ \ldots,\ P_n.$$
$$P_1,\ P_2,\ P_3,\ \ldots\ Imp_h,\ \ldots,\ P_n.$$

L'énoncé du problème devient maintenant: si un prédicat d'un rang donné de la première série admet comme prédicat le prédicat du même rang de la deuxième série qui est lui-même, alors le prédicat considéré, a la propriété *prédicable* (c'est-à-dire s'il est *compatible* avec lui-même) et s'il n'admet pas ce *prédicat* (c'est-à-dire s'il est *incompatible* avec lui-même) il est *imprédicable*. Si l'on pose le problème pour le prédicat *imprédicable* nous avons: si le prédicat *imprédicable* est *prédicable* il est *imprédicable*; si le prédicat *imprédicable* est *imprédicable*, il est *prédicable*.

Le paradoxe *compatible - incompatible* montre que le problème est plus vaste et ne se pose pas seulement par rapport à l'application d'une propriété à elle-même comme a cru Russell; dans le cas de l'antinomie construite par nous, nous tombons sur le paradoxe, en considérant un prédicat P_k, complètement différent de *incompatible*, qui, s'il a une propriété il ne l'a pas, et s'il ne l'a pas, il l'a.

3. LE PARADOXE DE LA CLASSE DES CLASSES INCOMPATIBLES. — Considérons les deux séries des prédicats, ainsi qu'elles ont été définies dans le paradoxe *compatible - incompatible*. Une classe étant l'extension d'un prédicat, ces deux séries des prédicats déterminent deux séries de classes que nous noterons respectivement:

$$p_1,\ p_2,\ p_3,\ \ldots,\ p_n$$
$$q_1,\ q_2,\ q_3,\ \ldots,\ q_n.$$

La correspondance biunivoque des termes de ces séries se maintient.

Nous pouvons maintenant exprimer le paradoxe *compatible-incompatible* en termes de classes. Si une classe d'un rang donné p_x appartient comme membre à la classe du même rang q_x de la deuxième série, nous dirons que la classe p_x est *compatible* avec q_x; si la classe p_x n'est pas

membre de q_x, nous dirons que la classe p_x est *incompatible* avec la classe q_x. En nous référant aux exemples donnés dans le paradoxe *compatible-incompatible*, nous pouvons, par exemple, éventuellement, avoir les cas suivants:

$$p_1,\ p_2,\ \ldots,\ \text{Cls}\ \mathit{Mammifère}_p,\ \ldots,\ \text{Cls}\ \mathit{Nombre}_q,\ \ldots,\ p_n.$$
$$q_1,\ q_2,\ \ldots,\ \text{Cls}\ \mathit{Métal}_p,\ \ldots,\ \text{Cls}\ \mathit{Abstrait}_q,\ \ldots\ q_n.$$

Dans ce cas nous avons: puisque la classe $\mathit{Mammifère}_p$ n'est pas un membre de la classe $\mathit{Métal}_p$, la classe $\mathit{Mammifère}_p$ est incompatible avec la classe Métal_p; la classe Nombre_q est un membre de la classe $\mathit{Abstrait}_q$, donc elle est *compatible* avec cette dernière classe, etc.

Le prédicat *compatible* détermine une classe G, la classe de toutes les classes *compatibles*; le prédicat *incompatible* détermine une autre classe I, la classe de toutes les classes *incompatibles*. Ces classes se trouvent, elles aussi, parmi les classes des deux séries.

En particulier la classe I prend la place du prédicat Inc_h dans le première série, elle sera donc I_h, et elle sera I_k dans la deuxième série, au lieu du prédicat Inc_k:

$$p_1,\ p_2,\ p_3,\ \ldots,\ I_h,\ \ldots,\ p_k,\ \ldots,\ p_n.$$
$$q_1,\ q_2,\ q_3,\ \ldots,\ q_h,\ \ldots,\ I_k,\ \ldots,\ q_n.$$

(Dans ces séries $I_h = I_k$, mais $h \neq k$).

Dans les conditions définies, toute classe p_x d'un rang donné de la première série appartient comme élément à la classe du même rang q_x de la deuxième série ou n'appartient pas, la troisième possibilité, n'existe pas; toute classe p_x est membre de q_x ou n'est pas, *tertium non datur*. Le paradoxe apparaît immédiatement si nous nous posons le même problème pour la classe $p_k \neq I_k$: la classe p_k est *compatible* ou *incompatible*, elle appartient à la classe I_k ou elle n'appartient pas, *tertium non datur*. Si p_k appartient à la classe I_k, elle appartient à la classe du même rang de la deuxième série, donc par définition n'appartient pas à la classe I_k, si p_k n'appartient pas à la classe I_k, elle n'appartient pas à la classe du même rang de la deuxième série, donc elle appartient par définition à la classe I_k. Le paradoxe est frappant.

On voit que le paradoxe de Russell de la classe des classes qui ne s'appartiennent pas comme élément est un cas particulier de ce paradoxe, quand les deux séries des prédicats, et par conséquent des classes, ont été ordonnées d'après le même critérium. Dans ce cas, G devient la classe des classes qui s'appartiennent comme éléments et I la classe des classes qui ne s'appartiennent pas comme élément.

$$p_1,\ p_2,\ p_3,\ \ldots,\ I_h,\ \ldots\ p_n.$$
$$q_1,\ q_2,\ q_3,\ \ldots,\ I_h,\ \ldots\ q_n.$$

En posant le même problème pour I_h nous avons: si I_h appartient comme élément à elle-même alors elle ne peut s'appartenir comme

élément; si la classe I_h ne s'appartient pas comme élément elle s'appartient.

Ainsi que dans les cas des paradoxes précédents, la contradiction n'apparaît pas par rapport au fait qu'une classe s'appartient ou non comme élément, qu'elle est *compatible* avec elle-même ou non, comme a cru Russell parce qu'il a rencontré le paradoxe sous sa forme particulière; le paradoxe apparaît aussi quand nous considérons une classe p_k (quelle qu'elle soit) totalement différente de I_k, ce qui montre que le noeud du problème se trouve autre part que l'a pensé Russell.

* * *

LE PARADOXE ISONOME - HÉTÉRONOME ET SON CAS PARTICULIER, LE PARADOXE DE GRELLING - NELSON.

4. LE PARADOXE DE GRELLING - NELSON. — Le paradoxe découvert en 1908 par Grelling et Nelson est analogue au paradoxe de Russell construit avec les prédicats *prédicable-imprédicable*.

Il ne s'agit plus de classes ou de prédicats mais de mots. On peut partager les mots d'une langue donnée en deux catégories: les uns qui admettent la propriété qu'ils expriment et les autres qui n'admettent pas la propriété qu'ils désignent. Par exemple, le mot « court » est lui-même court; le mot « français » est lui même français; mais le mot « long » n'est pas lui-même long, et le mot « anglais » n'est pas lui même anglais, etc. Nous dirons que si un mot possède la propriété qu'il exprime il est *autologique*; s'il n'a pas la propriété qu'il exprime il est *hétérologique*. Mais un mot donné a la propriété qu'il exprime ou il ne l'a pas, la troisième possibilité n'existe pas; tout mot est ou *autologique* ou *hétérologique*, *tertium non datur*. Considérons maintenant le mot « *hétérologique* »; il s'ensuit qu'il doit être ou *autologique* ou *hétérologique*. Si le mot « *hétérologique* » est *autologique* alors il a la propriété qu'il exprime, donc il est *hétérologique*; si le mot « *hétérologique* » est *hétérologique*, alors il a justement la propriété qu'il désigne, donc il est *autologique*. Nous nous trouvons en face d'une contradiction.

5. LE PARADOXE ISONOME - HÉTÉRONOME. — Nous allons construire maintenant une antinomie analogue à celle de Grelling-Nelson, en considérant les mots et leurs propriétés. Nous procéderons exactement comme plus haut et nous écrirons tous les mots d'une langue donnée dans deux séries différentes; par exemple, la première série des mots sera la série lexicographique normale, et la deuxième la série léxicographique déterminée par leurs terminaisons (ou autrement, par des

permutations bien déterminées dans la première série). On peut établir une correspondance biunivoque entre les termes des deux séries: à chaque mot d'un rang donné de la première série correspond un mot et un seul du même rang de la deuxième série et inversement. Si un mot d'un rang donné de la première série admet la propriété exprimée par le mot du même rang de la seconde série nous dirons qu'il a la propriété *isonome*, dans le cas contraire, nous dirons qu'il a la propriété *hétéronome*. Par exemple, aux rangs p, q et r pourraient se trouver les mots suivants dans les deux séries (que nous noterons C_1, C_2, ..., C_n et D_1, D_2, ..., D_n).

C_1, C_2, ..., Marsupial_p, ..., Pôle_q, ..., Vertébré_r, ..., C_n.
D_1, D_2, ... Polysyllabique_p, ..., Long_q, ..., Symbole_r, ..., D_n.

Dans ce cas, le mot $Marsupial_p$, étant polysyllabique, est *isonome*; le mot $Pôle_q$, n'étant pas long, est *hétéronome*; le mot $Vertébré_r$, étant un symbole du concept vertébré, est *isonome*, etc.

Dans le cadre de nos définitions, tout mot d'un rang donné de la première série admet comme prédicat la propriété exprimée par le mot du même rang de la deuxième série ou ne l'admet pas, la troisième possibilité n'existe pas: tout mot est ou *isonome* ou *hétéronome*, *tertium non datur*.

Les mots *isonome* et *hétéronome* viendront, eux aussi, se placer dans ces séries dans des rangs bien déterminés; en particulier, le mot *hétéronome* aura dans la première série un rang h où nous l'écrirons Het_h, et dans la deuxième série un rang k, où nous l'écrirons Het_k (Nous pouvons toujours faire $h \neq k$, par le choix convenable de l'ordre établi). Les deux séries de mots sont donc:

C_1, C_2, C_3, ..., Het_h, ..., C_k, ..., C_n.
D_1, D_2, D_3, ..., D_h, ..., Het_k, ..., D_n.

Le paradoxe apparaît immédiatement quand nous nous posons le même problème pour le mot C_k: le mot C_k (quel qu'il soit) est ou *isonome* ou *hétéronome*, *tertium non datur*. Si C_k est *isonome*, alors C_k admet la propriété exprimée par le mot du même rang de la seconde série Het_k = *hétéronome* donc il est *hétéronome*; si C_k est *hétéronome*, alors sa propriété est justement la propriété exprimée par le mot du même rang Het_k = *hétéronome* de la seconde série, donc il est *isonome*. Le paradoxe est flagrant.

On reconnaît ici aussi, que le paradoxe de Grelling-Nelson est un cas particulier de ce paradoxe, quand les deux séries des mots ont été ordonnées d'après un même et seul critérium. (Les deux séries sont identiques). Dans ce cas *isonome* devient *autologique* et *hétéronome* devient *hétérologique*:

C_1, C_2, C_3, ..., Het_h, ..., C_n.
C_1, C_2, C_3, ..., Het_h, ..., C_n.

La définition générale devient maintenant: si un mot quelconque C_x de la première série admet la propriété exprimée par le mot C_x du même rang de la seconde série, c'est-à-dire par lui-même, C_x est *autologique* et dans le cas contraire il est *hétérologique*. En posant le problème pour *hétérologique* - Het_h, nous avons: si *hétérologique* est *hétérologique* il est *autologique*; si *hétérologique* est *autologique* il est *hétérologique*.

Cette antinomie montre, comme la précédente, que la contradiction n'apparaît pas par rapport à l'application d'une propriété exprimée par un mot à ce mot même, comme l'ont pensé Russell et tous les logiciens jusqu'à présent, parce qu'ils n'ont connu que la forme particulière de ce paradoxe; la paradoxe construit par nous montre que nous arrivons à une contradiction, en considérant un mot C_k (quel qu'il soit) totalement différent de *hétéronome* et qui, s'il a une propriété, ne l'a pas, et s'il ne l'a pas il l'a!

IV. LES CONDITIONS DE LA DÉFINITION ET LA SOLUTION DES PARADOXES. — Il résulte des paradoxes construits plus haut, deux conclusions dont l'importance n'échappera à personne:

A. *Quelle que soit la théorie qu'on adopte pour éviter les paradoxes connus, nous pouvons construire des paradoxes plus généraux (compatible-incompatible, isonome-hétéronome, etc.) qu'une telle théorie ne peut éviter, parce que nous pouvons nous arranger que* P_k *et* Inc_k (du *paradoxe compatible-incompatible, par exemple*) *satisfassent la théorie des types, ou la théorie de Quine, ou toute autre théorie, et cependant* P_k *ne peut être ni compatible ni incompatible.*

B. *Si l'on trouvait une solution pour les paradoxes plus généraux, construits par nous, on aurait par contre-coup une solution pour les autres paradoxes, qui sont leurs cas particuliers.*

Examinons maintenant les définitions générales qui se trouvent à la base de nos paradoxes. Elles sont du type suivant:

(a) « Si x a le prédicat φ (variable) alors x a le prédicat F ».

(b) « Si x n'a pas le prédicat φ (variable) alors x a le prédicat F ».

Ces définitions sont valables pour tout x. Sont-elles valables également pour tout φ (variable)?

Il est clair que les définitions ne sont pas valables pour tout φ car alors nous aurons dit, par définition, pour $\varphi = F$:

(a') « Si x a le prédicat F alors x a le prédicat F », c'est-à-dire nous n'avons rien dit;

(b') Ou: « Si x n'a pas le prédicat F alors x a le prédicat F » ce qui est contradictoire.

Donc les définitions (a) et (b), contenant la variable φ, peuvent dégénérer, la première en une définition nulle, et la deuxième en une dé-

finition contradictoire. Comment et en se fondant sur quel principe logique peut-on éliminer les définitions inadmissibles (a') et (b') des formes variables des définitions (a) et (b)?

Cela est possible, puisque dans la logique classique nous possédons quelques règles qui régissent la construction des définitions.

Nous citons ici deux de ces règles, qui trouveront immédiatement une application dans notre problème. Voici ces deux règles:

(I). Une définition ne doit pas être construite *idem per idem*, elle ne doit pas être tautologique; on ne peut définir le défini par le défini - le *definiendum* par *definiendum*, car alors on ne définit rien.

(II). Une définition ne doit pas contenir de contradiction, à savoir ni une *contradictio in terminis* ni une *contradictio in adjecto*, car alors on ne définit également rien.

Par conséquent, si l'on tient compte de ces deux conditions dans les définitions (a) et (b), la variable φ ne peut devenir F, car autrement la définition (a) devient une définition *idem per idem* et la définition (b) devient une définition contradictoire et elles ne définissent plus rien.

Supposons que nous utilisons une écriture symbolique pour rendre plus évidentes les conclusions précédentes.

Notons symboliquement:

— « x a le prédicat φ » par φ (x);
— « x a le prédicat F » par F (x);
— la négation par le signe « $\backsim$ »;
— le signe de définition sera $=_{Df}$.

Les définitions (a) et (b) s'écrivent alors:

$F(x) =_{Df} \varphi(x)$ ... « x a le prédicat φ » signifie « x a le prédicat F »
$F(x) =_{Df} \backsim \varphi(x)$ ... « x n'a pas le prédicat φ » signifie « x a le prédicat F »

Si nous tenons compte des deux conditions de la définitions (I) et (II), dans ces définitions $\varphi \neq F$, car si nous prenons, au contraire, $\varphi = F$, nous obtenons:

$$F(x) =_{Df} F(x),$$
$$F(x) =_{Df} \backsim F(x),$$

la première étant une identité et la deuxième une contradiction, donc pas de définitions.

Ces conditions restent valables aussi pour les formes particulières obtenues pour $x = \varphi$, et qui apparaissent dans les paradoxes de Russell:

$$F(\varphi) =_{Df} \varphi(\varphi),$$
$$F(\varphi) =_{Df} \backsim \varphi(\varphi).$$

Ici aussi $\varphi \neq F$. Autrement la première définition deviendrait, dans ce cas une identité et dans le deuxième cas une contradiction.

Par conséquent, quand nous énonçons, par exemple dans le paradoxe *prédicable - imprédicable*: « Si un prédicat φ (variable) admet

comme prédicat φ lui-même alors il est *prédicable* » et « si un prédicat φ (variable) n'admet pas le prédicat φ lui-même, alors il est *imprédicable* », nous avons la condition φ ≠ *imprédicable* et φ ≠ *prédicable*, par les conditions de la définition. La question ne peut être posée pour les prédicats *prédicable* et *imprédicable*. La même chose pour la classe de toutes les classes qui ne se contiennent pas comme éléments, etc; elle reste valable pour tous les paradoxes, soit dans le cas général des paradoxes construits par nous, soit dans le cas particulier des paradoxes devenus classiques. On voit donc que la condition φ ≠ F est introduite par φ prédicat de x ou φ. Mais toutes les théories, par lesquelles on a tenté de trouver une solution des paradoxes, ont cherché une limitation des valeurs possibles pour « l'argument » x de l'expression φ (x) de sorte qu'il ne devienne plus identique au symbole φ, c'est-à-dire d'éviter les expressions de la forme: φ (φ) et ∽ φ (φ). Notre analyse a montré que le noeud du problème se trouve autre part que dans les limitations des valeurs de la variable x dans l'expression ∽ φ (x). En effet, dans la définition F (φ) = Df ∽ φ (φ), c'est φ prédicat qui est obligé de ne pas être identique à F et non φ argument. Ce que Russell et les autres logiciens n'ont pas réussi à déchiffrer dans ce problème c'est le rôle double d'un même symbole φ dans les expressions ayant la forme φ (φ) ou ∽ φ (φ) et c'est cette confusion d'ailleurs entre les deux rôles distincts joués par le même symbole, d'argument et de prédicat de l'argument, qui provoque ces sortes de contradiction. Or c'est justement ce que disait Aristote et, de notre temps, Wittgenstein, que « le même mot signifie de deux façons différentes... », comme nous l'avons déjà montré au commencement de cet article. Et nous rappelons encore la conclusion d'Aristote que « celui qui est capable de faire cette distinction est très prés de la connaissance de la vérité ».

Bucuresti, Academia Republicii Socialiste România, Centrul de Logica.

A. DUMITRIU

N'est-il pas étrange que les habitants de notre planèt aient presque tous vécu jusqu'ici sans savoir où ils sont et sans se douter des merveilles de l'Univers?
C. Flammarion.

L'ASTRONOMIE

ET BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ ASTRONOMIQUE DE FRANCE

revue mensuelle publiée par la

SOCIÉTÉ ASTRONOMIQUE DE FRANCE

Fondée en 1887 par Camille FLAMMARION
Reconnue d'Utilité publique en 1897

28, rue Saint-Dominique, PARIS 7e

La Société Astronomique de France a pour but de réunir entre elles les personnes qui s'occupent pratiquement, ou théoriquement d'Astronomie, ou qui s'intéressent à son développement et à l'extension de son influence. Tout le monde peut en faire partie. Il suffit d'en adresser la demande au Secrétaire général.

Les Sociétaires reçoivent la revue **L'Astronomie**
Cotisations France: 29 F et 35 F,
autres pays: 39 F.

Abonnements annuels à **L'Astronomie** *pour les non Sociétaires:*

Année 1968: France et territoires d'outre mer: 35 F. - Étranger: 40 F; numéros: 3,50 F et 4 F.

Compte de Chèques Postaux:
Société Astronomique de France, 1733 - PARIS

THE BRITISH JOURNAL FOR THE PHILOSOPHY OF SCIENCE

This unique journal deals with problems of logic and methodology as found in natural science, and the characteristics which distinguish this philosophical approach from other ways of making sense of experience. It provides scientists and philosophers with a medium through which they can have their ideas made known. The articles written in non-technical English also include contributions by distinguished foreign as well as by British scholars. There is space for correspondence arising out of the problems discussed.

GENERAL EDITOR

Dr. Mary Eesse

EDITORIAL BOARD

H. Dingle. D. Sc., A. R. C. S. — J. D. Bernol, F. R. S., M. A.
H. Jeffreys, M. A. D. Sc. F.R.S. — J.C. Eccles M.A.,D. Phil., F.R.S.
M. Polanyi, F. R. S., D. Sc. — Sir Karl Popper, M.A., Ph.D.
Bertrand Russell, (Earl Russell) F. R. S., M. A. — J. H. Woodger, D. Sc.

Annual Subscription 42 s.; single copies 10 s. 6 d.

258-278 GRAY'S INN ROAD
LONDON W. C. I.

THE JOURNAL OF PHILOSOPHY

A BIWEEKLY journal containing philosophical articles of current interest and encouraging the interchange of ideas.

Editors: **John H. Randall, Jr., Arthur Danto, Sidney Morgenbesser, Charles D. Parsons, and James J. Walsh.**

$ 7.50 a year; to students, $ 6.00; 50 cents a copy.

NOW AVAILABLE: Cumulative *Fifty-year Index, 1904-1953;* articles classified by subject and author; 452 p., cloth, $ 12.00. Also, *Ten-year Supplement, 1954-1963;* $ 3.00 cloth, $ 2.00 paperbound. Both *Indexes*, bound together, $ 15.00.

BACK NUMBERS and volumes: 1960 to 1967 (LVII to LXIV), 50 cents/issue, $ 12/volume; 1940 to 1959 (XXXVII to LVI), 75 cents/issue, $ 18/volume; 1904 to 1939 (I to XXXVI), $ 1/issue, $ 24/volume.

720 Philosophy Hall, Columbia University. New York City 10027

L'UNIVERSO

RIVISTA BIMESTRALE DELL'ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE

Direttore: Gen. di Brigata **Oreste Manferti**
Redattore Capo Resp.: T. Col. Dott. **Ottavio Mannelli**
Direzione, Redazione e Amministrazione:
presso la Sede dell'I. G. M. - Via Cesare Battisti, 10
50122 FIRENZE - Telef. 26.23.41 - Interno 189
Telegrammi: GEOMILES - FIRENZE

PREZZI E CONDIZIONI D'ABBONAMENTO

ITALIA
— Abbonamento annata 1968 . . . . **L. 3.000**
— annata arretrata . . **L. 4.500**
— Fascicoli separati . . . . . **L. 800**

ESTERO
— Abbonamento annata 1968 . . . . **L. 6.000**
— annata arretrata . . **L. 7.200**
— Fascicoli separati . . . . . **L. 1.300**

Gli importi dovranno essere inviati a: L'UNIVERSO - ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE - VIA CESARE BATTISTI, 10 - 50122 FIRENZE a mezzo versamento sul c/c postale n. 5/5393.

"L'UNIVERSO" articoli, studi, monografie di: geografia fisica, economica, politica, astronomica, ecc.; resoconti di esplorazioni, viaggi, ecc.; geologia, fotointerpretazione, antropologia, etnografia, geografia storica. Sei fascicoli l'anno con illustrazioni a colori e in nero.

RECENSIONI - COMPTES RENDUS - BOOK REVIEWS BUCHBESPRECHUNGEN - ANALISIS DE OBRAS

J. LEMAIRE. - *Hypocycloïdes et épicycloïdes*. Avec une préface de M. D'Ocagne. Nouveau tirage. Un vol. in-8, de VIII-296 pages, avec figures. Librairie Scientifique et Technique Albert Blanchard, Paris, 1967. Prix, broché, 28 F.

Il s'agit d'un livre de culture géométrique plus que d'un manuel de consultation comme il pourrait peut-être sembler à la lecture du titre. Il s'agit en tout cas d'une tentative, que nous voudrions définir comme bien réussie, de remettre en vigueur un genre d'études le plus souvent négligé de nos jours.

Et c'est justement dans ce sens qu'on doit interpréter l'effort de l'Auteur: un guide à la recherche des propriétés les plus cachées, mais aussi les plus belles, de courbes que les non géomètres sont habitués généralement à voir sous l'aspect mécanique commun. Que l'on n'oublie pas en fait que l'hypocycloïde, l'épicycloïde, la cycloïde et la développante sont des courbes qui admettent une génération mécanique très simple et sont pourtant utilisées en mécanique appliquée.

Et à la redécouverte de ce nouveau monde de la rigueur et de la beauté formelle, nous sert de guide un Auteur qui, comme le dit justement M. D'Ocagne, a su grouper en un faisceau cohérent toutes les plus belles propriétés de nos courbes, en les démontrant toujours avec les moyens adéquats dont on ne peut que louer l'ingéniosité et l'élégance.

Un rapide coup d'oeil à l'index du volume nous avertit qu'après un examen général sobre des hypocycloïdes et des épicycloïdes, l'A. passe à l'étude plus détaillée de quelques types particuliers de ces courbes, précisément celles à nombre défini de rebroussements - 2, 3 ou 4 - (qui sont des courbes algébriques) la cycloïde et la développante de cercle. En outre, à la fin du volume, sont rapportés 95 exercices (énoncé et indication pour la résolution) qui, en grande partie, portent des signatures célèbres comme Hadamard, Laguerre, Lemoyne, Réme, etc.

Brescia, Servizio Studi S.S.E.

F. VOLTOLINI

R. J. BRAY and R. E. LOUGHHEAD. - *The Solar Granulation*. A vol. in-8 (Vol. 8 of *The International Astrophysics Series*), of XIV-150 pages, with figures,

tables and plates. Chapman & Hall Ltd., London, 1967. Price, bound, sh. 60 net in U.K. only.

Le phénomène ainsi dit de la « granulation » de la surface du soleil, c'est-à-dire de sa photosphère, a été découvert visuellement et puis photographiquement, il y a déjà un certain temps, lorsque des observateurs comme Nasmyth, Secchi, Janssen et d'autres, purent disposer de télescopes suffisamment puissants. Il s'agit d'une fine structure consistant en une formation irrégulière de grains ou de cellules lumineuses d'aspect polygonal interposés dans d'étroits canaux obscurs.

Dans ce livre on fait une brève mention à l'histoire du phénomène et aux hypothèses qui se sont peu à peu développées sur la nature de la granulation, comme elle résultait d'abord des observations visuelles, puis de celles photographiques et spectroscopiques. L'étude est ensuite étendue par les auteurs aux propriétés correspondantes des autres caractéristiques photosphériques, telles que le sont les taches solaires, leurs ombres, les grains facolaires et une supergranulation, qui d'une manière ou d'une autre sont analogues aux grains de la photosphère.

Les observations modernes prouvent, sans aucun doute, que la granulation photosphérique est fondamentalement un phénomène de convection et que chaque grain et la matière obscure qui l'entoure ne sont autre chose qu'une simple cellule de convection.

Dans les différents chapitres du livre sont considérées les théories hydrodynamiques modernes, lesquelles servent à interpréter les propriétés observées. De nouvelles techniques et spécialement les observations photographiques, effectuées avec des télescopes attachés à des ballons qui les ont transportés en dehors de l'atmosphère terrestre, ont accru considérablement, avec une résolution élevée, les caractéristiques de la granulation.

Dans ce volume, le problème est traité d'une façon exhaustive en se servant des résultats les plus récents de l'expérience et de la théorie.

Firenze, Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

G. Abetti

H. Alfven. - *Worlds-Antiworlds.* Antimatter in Cosmology. A vol. in-8, of viii-104 pages, with 15 figures and IV tables. W. H. Freeman and Company, London, 1966. Price, bound, sh. 25.

Ce livre a été publié la première fois en 1966 chez l'éditeur Aldus Bonniers de Stockholm en langue suèdoise sous le titre « Världen-spegelvärlden; Kosmologi och antimateria » et la version anglaise que nous présentons a paru la même année.

L'ouvrage constitue une vulgarisation d'un article publié dans la « Review of Modern Physics » (octobre 1965). Dans cet article l'Auteur, se rapportant à certaines idées de O. Klein, tâche de résoudre deux problèmes fondamentaux. Le premier concerne l'origine de l'Univers, ou, pour mieux dire, de la Metagalaxie, qui, comme on le sait bien, est formée par l'ensemble de toutes les galaxies que l'on parvient à observer. Le deuxième a à faire avec la matière

et l'anti-matière. On sait que les particules dites élementaires se présentent en couples: particule (observée d'ordinaire) et anti-particule. Il n'est pas à exclure que certaines galaxies, ou plus généralement certaines parties de l'Univers, soient constituées par des antiparticules, mais une expérience capable de décider en propos à l'égard d'un objet céleste très éloigné est aujourd'hui impossible, car les anti-atomes formés par anti-particules ont les mêmes propriétés que les atomes ordinaires.

Pour éviter le manque de symétrie dérivant d'un Univers dans lequel les particules auraient un rôle privilégié à l'égard des anti-particules, Klein et autres ont supposé que la Metagalaxie avait eu son origine dans un nuage extrêmement dilué, où particules et anti-particules auraient coexisté en nombres égaux.

Mais comme particules et anti-particules se détruisent si elles subissent une collision entre elles, il faut répondre aux questions suivantes: comment particules et anti-particules ont-elles pu coexister initialement et comment ont-elles pu se séparer pour former des galaxies et des anti-galaxies; qu'est ce qu'il se passe si une galaxie et une anti-galaxie subissent une collision et, plus généralement, qu'est-ce qu'il advient à la frontière entre deux régions, l'une occupée par la matière et l'autre par l'anti-matière.

Cette théorie si suggestive est très brillamment et clairement traitée par Mr. Alfvén dans cet ouvrage qui ne peut que susciter dans le lecteur l'intérêt le plus vif. Naturellement ces idées restent dans la phase d'une hypothèse très élégante et très hardie.

* * *

I. P. Shkarofsky, T. W. Johnston and M. P. Bachynski. - *The Particle Kinetics of Plasmas*. A vol. in 8, of x-518 pages, with 85 figures and tables. Addison-Wesley Publishing Company, London, 1966. Price, bound, sh. 113.

R. Jancel and Th. Kahan. - *Electrodynamics of Plasmas*. A vol. in-8 of xvi-634 pages, with 63 figures and tables. John Wiley and Sons, Ltd., London, 1966. Price, bound, sh. 140.

Le groupe de problèmes qui constituent la physique du plasma représente une des branches les plus complexes de la physique, soit pour la difficulté inhérante aux problèmes mêmes, soit pour la necessité d'appliquer une quantité de différentes disciplines à la fin de les résoudre. Une des questions les plus délicates est certainement celle des collisions et c'est seulement en considérant l'équation de Liouville et ses formes limites, équation de Vlasov et de Fokker-Planck, ou l'équation de Boltzmann, que l'on peut résoudre les problèmes avec un haut degré d'approximation et évaluer en même temps cette approximation. Les temps ont passé où l'on était satisfait avec des solutions grossièrement approchées et le caractère commun aux deux ouvrages que nous présentons est de procéder avec une extrême rigueur.

Mrs. Shkarofsky, Johnston et Bachynski déduisent dans leur ouvrage les équations de Boltzmann et de Fokker-Planck en soulignant brièvement

leur relation avec l'équation de Liouville. Ils développent ensuite la fonction de distribution des électrons en série de fonctions sphériques et en déduisent les distributions de Maxwell et de Druyvesteyn. Ils traitent aussi des questions particulières telles que la détermination des sections de choc et les problèmes de la bremsstrahlung et de la conductibilité. Enfin ils étudient les équations de transfert et ils concluent avec les approximations magnétohydrodynamique et de Chew, Goldberger et Low.

Le deuxième ouvrage est la version en langue anglaise de «Electrodynamique des Plasmas» publiée par Dunod en 1963. Mrs. Jancel et Kahan ont tâché de réunir dans leur livre toutes les notions qui sont nécessaires pour aborder l'étude du plasma, en rapport, en particulier, à la mécanique statistique et à la théorie cinétique qui forment en somme l'objet des chapitres 2, 3, 4, 5. L'étude des plasmas binaires et ternaires, l'approximation magnétohydrodynamique et les problèmes de transfert sont traités ensuite et l'ouvrage se conclut avec un chapitre très intéressant sur les méthodes générales pour la résolution approchée de l'équation de Boltzmann.

Les deux ouvrages n'épuisent pas une matière aussi vaste que la physique du plasma et, tant dans l'un que dans l'autre, un deuxième volume est annoncé.

Firenze, Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

G. Calamai

S. Borowitz. - *Fundamentals of Quantum Mechanics.* Particles, Waves, and Wave Mechanics. A vol. in-8, of xiv-402 pages, with many figures. W. A. Benjamin, Inc., New York, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 13,90.

Le volume est écrit pour les étudiants des cours universitaires qui affrontent pour la première fois l'étude de la mécanique quantique.

Celui-ci présente des mérites didactiques certains. Les premiers chapitres, écrits dans une forme dense et claire, ont un caractère d'introduction et ils sont consacrés à l'étude de la propagation ondulatoire dans les différents domaines de la physique et à des compléments de mécanique analytique. Après une brève mention aux phénomènes qui ont conduit au dualisme ondulatoire-corpusculaire, l'auteur introduit l'équation de Schrödinger avec la relative interprétation probabiliste. On fournit ensuite quelques applications désormais classiques d'une telle équation en abordant l'étude du passage des particules à travers une barrière de potentiel, le problème de l'oscillateur harmonique, celui des potentiels périodiques, etc.

Est ensuite exposée brièvement la méthode des matrices, en mettant en relief son équivalence avec la théorie de Schrödinger.

Le volume se poursuit en traitant de façon assez diffuse de deux problèmes importants: la théorie des moments angulaires et l'atome d'hydrogène libre et dans les champs externes.

Est enfin exposée la théorie des perturbations en l'étoffant d'applications utiles et l'on conclut en faisant une brève mention à l'exposition des systèmes de particules identiques.

Les différents chapitres sont complétés par une utile bibliographie.

CASSA DI RISPARMIO DI ASTI
Sede Centrale: 14100 ASTI

N. 4 Agenzie di Città
N. 32 Filiali in Provincia

Depositi al 31/3/1968: 83.000.000.000
Patrimonio: 1.963.000.000

BANCA POPOLARE DI MILANO
Fondata nel 1865

•

TUTTE LE OPERAZIONI DI BANCA

LE ASSICVRAZIONI D'ITALIA

Società collegata con l'Istituto
Nazionale delle Assicurazioni

00198 **ROMA,** Via Po, 3

Acciaieria e Tubificio di Brescia
25100 BRESCIA - Via F.lli Folonari 26
Telefono 53.361 Telex: 30036 ATUB

Condotte forzate per impianti idroelettrici - Corpi di caldaia - Torri e recipienti a pressione Bombole per gas compressi.

Dott. Ing. GIUSEPPE TORNO & C. S. p. A.
Via Gen. Albricci 7 - MILANO - Tel. 802.741 (5 linee)
Impresa di Costruzioni e Consulenze

Costruzioni idrauliche, idroelettriche, stradali, industriali, elettronucleari.
Progettazione ed assunzione di lavori all'estero.

CASSA DI RISPARMIO
DELLE PROVINCIE LOMBARDE

FONDATA NEL 1823

DIREZIONE IN MILANO
359 DIPENDENZE

TUTTE LE OPERAZIONI DI BANCA

ISTITUTO BANCARIO SAN PAOLO DI TORINO
FONDATO NEL 1563

•

Tutte le operazioni di
banca, borsa, cambio

COSTRUZIONI GENERALI FARSURA
COGEFAR S. p. A.
VIALE MONTELLO 20 - 20154 MILANO

Grandi Lavori di Ingegneria Civile
in Italia ed all'Estero

FABBRICA ITALIANA TUBI FERROTUBI S. p. A.
Sede Sociale: 20123 Milano - Via Lanzone 4
Stabilimenti: Milano e Sestri Levante (Genova)

Tubi in ferro e acciaio
senza saldatura e saldati,
carpenteria in genere

Telegrammi: TUBIFIT - Milano – Telex Milano 31383

IMI
ISTITUTO MOBILIARE ITALIANO
VIA DELLE QUATTRO FONTANE 121 - ROMA

Istituto di credito industriale a medio e lungo termine

Capitale statutario e riserve	L. 213 miliardi
Operazioni in essere al 31.3.1968	L. 2.334 miliardi
Obbligazioni in circolazione al 31.3.1968	L. 1.757 miliardi
Provvista in valuta estera al 31.3.1968	L. 129 miliardi

* * *

F. C. Brown. - *The Physics of Solids.* Ionic Crystals, Lattice Vibrations and Imperfections. A vol. in-8, of xiv-416 pages, with many figures and tables. W. A. Benjamin, Inc., New York, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 13,75.

Le volume constitue la première partie d'un cours moderne de Physique des Solides. Pour sa compréhension est exigée seulement une connaissance de base, en plus que de physique générale, également de physique théorique, laquelle est en règle générale impartie dans nos cours des Institutions de Physique Théorique.

Naturellement, étant donné l'ampleur atteinte de nos jours par la Physique des Solides, l'Auteur a été contraint de se limiter à certains sujets d'intérêt intrinsèque particulier ou, parce que propédeutique, à d'autres plus spécialisés.

Nous trouvons ainsi dans le volume un chapitre sur les fondements de la cristallographie, un autre sur la diffraction du rayonnement de la part des cristaux. Successivement sont exposées les propriétés de cohésion et celles élastiques et plastiques des solides. Une étude détaillée, fondée sur la théorie quantique moderne, des propriétés vibratoires et thermiques et de celles optiques et diélectriques introduit le lecteur dans la problématique actuelle de ce domaine séduisant de la recherche physique.

Sont ensuite examinées les propriétés des cristaux imparfaits et celles associées à la présence de centres de couleur.

Le dernier chapitre est consacré à l'étude du processus photographique sur la base de la théorie de Guernsey-Mott.

Dans son ensemble le volume, doté d'une ample bibliographie, est à conseiller aux étudiants et aux chercheurs intéressés à la Physique des Solides.

Milano, Università, Istituto di Scienze Fisiche «A. Pontremoli»

P. Caldirola

S. Goldman. - *Laplace Transform Theory and Electrical Transients.* A vol. in-8, of xvi-440 pages, with many figures. Dover Publications, Inc., New York, 1966. Price, unbound, Doll. U.S.A. 3,00.

A few remarks on the history and scope of Laplace Transform Theory might be the following: O. Heaviside, the eighteenth-century British Engineer, had developed a method of solving electrical-circuit problems, both in steady and transient state, which worked rather well. But he had made no great effort to derive these rules from basic mathematical principles and, when criticised for their insecure foundations, he replied with the now classic retort: « Shall I refuse my dinner because I do not fully understand the process of digestion? ».

Since Heaviside's times operational calculus has been placed by mathematicians upon a secure foundation, at the price of slightly shifting from his operational approach. The method used to-day is the so-called « transformation

calculus », which has the following foundations: it is possible to express the quantities involved in the differential equations of electrical circuits in terms of a secondary variable, so that the equations can be solved algebraically. Than, by transforming back to the original independent variable, we obtain the solution to the original differential equation. This transformation is called the *Laplace Transformation*.

Laplace Transformations represent to-day a straight-forward method of solving problems not only in network-transient analysis but also in other fields of physics, governed by linear differential equations.

Goldman's book stresses physical significance and methodology of approach rather than purely mathematical aspects of the method. Laplace Transformations are developed early in the book and they are applied to the solution of transient problems. The inversion theorem is introduced later after the development of complex-function theory, and the complex s-plane is used in the solution of transient problems as well as in the discussion of stability criteria. Special features are the chapters on « transients in transmission lines » and solutions in series.

For the above reasons this book represents a very valuable tool in the hands of electrical engineers, teachers and students of advanced courses in electrical circuit transients and applied mathematics.

Roma, Università, Istituto di Fisica.

S. D'AGOSTINO

M. ALONSO and E. J. FINN. - *Fundamental University Physics.* VOLUME I: *Mechanics.* A vol. in-8, of XVI-464 pages, with many figures and tables. VOLUME II: *Fields and Waves.* A vol. in-8, of XVIII-558 pages, with many figures and tables. Addison-Wesley Publishing Company, London, 1967. Price, bound, sh. 49 each.

Il s'agit de deux excellents volumes de physique générale, dans lesquels sont illustrés et expliqués les concepts fondamentaux de la physique d'une manière moderne et plutôt originale. Nous pouvons dire que l'exposition, la méthodologie didactique (basée sur de nombreuses figures bien réussies et des schémas illustratifs) nous rappelle celle des célèbres « Feynman lectures on Physics ». Les sujets traités sont développés d'une manière unitaire, en faisant recours essentiellement à l'intuition physique plutôt qu'à la rigueur de la démonstration mathématique. En effet, l'exposition mathématique est limitée à l'indispensable, il n'est pas recouru à des algorithmes compliqués et elle se borne aux connaissances les plus communes de calcul.

Nous désirons en outre signaler la série considérable d'exercices numériques (certains développés complètement, d'autres proposés seulement avec le résultat final), qui intègrent, comme il est nécessaire, l'exposition théorique des principes et des lois physiques. D'un intérêt particulier le schéma didactique proposé par les Auteurs au début de chaque volume (s'adressant tant aux enseignats qu'aux étudiants), dans lequel on conseille une distribution très rationelle des heures de cours entre les divers sujets traités.

Le premier volume est substantiellement divisé en trois parties: la première est une introduction au cours, dans laquelle sont traitées les considérations générales sur les mesures, unités de mesure, vecteurs, forces, etc.; tandis que la seconde est consacrée à la mécanique (cinématique et dynamique), avec une attention particulière à la dynamique d'une particule et d'un système de particules.

La troisième partie du volume I, qui traite du champ de gravitation, est liée à la première partie du volume II, dans lequel nous trouvons exposés les problèmes relatifs aux champs et à leurs interactions, avec une attention particulière au champ électromagnétique. La seconde partie du volume II est consacrée aux problèmes des ondes (essentiellement celles électromagnétiques), et nous trouvons dans cette section toute l'optique, exposée d'une manière cohérente, sans la division habituelle artificielle en optique géométrique et en optique ondulatoire.

Un troisième volume consacré aux problèmes statistiques de la physique (mécanique quantique, thermodynamique, etc.) doit continuer ces deux premiers et s'il reflète la démarche logique et didactique de ces derniers, nous pourrons dire que les Auteurs auront réussi à créer un ouvrage vraiment précieux.

* * *

S. E. Liverhant. - *Outline of Atomic Physics.* Including Problems with Step-by-Step Solutions. A vol. in-8, of xii-316 pages, with many figures. Iliffe Books Ltd., London, 1966. Price, unbound, sh. 30.

Ce livre contient une série d'exercices très simples, dont beaucoup développés étape par étape, et tous les autres complétés de résultats numériques, adaptés aux étudiants des lycées et même à ceux des deux années de propédeutique de l'Université. Les exercices sont apparemment banaux, souvent ils ne sont rien autre que des vérifications numériques de lois physiques très connues et générales, mais non pour cela de peu d'importance. Justement pour pouvoir s'essayer avec sûreté et avec succès à des exercices plus compliqués, il convient de ne pas avoir de doutes sur les parties fondamentales (par exemple, savoir calculer sans la moindre hésitation, la longueur d'onde d'un photon d'énergie donnée en eV). La progression des sujets et de la difficulté des exercices est excellente et souvent la solution est aidée par des illustrations particulièrement claires et bien réussies.

Le livre s'articule sur huit chapitres, qui dans l'ordre traitent: la théorie de la relativité restreinte, les aspects atomiques de la matière (p. ex.: théorie cinétique des gaz), les aspects atomiques de l'électrologie (p. ex.: charge spécifique de l'électron, ions positifs, etc.), les aspects atomiques de l'énergie (p. ex.: rayonnement du corps noir, effet photo-électrique, etc.), le dualisme onde-corpuscule, le noyau atomique, les rayons X et enfin la radioactivité.

Nous désirons signaler que le volume se termine par certains appendices d'une utilité indubitable surtout pour un étudiant, comme de formules physiques fondamentales, de tables de conversion des unités de mesure et des constantes physiques, d'intégrales simples, de fonctions trigonométriques, de logarithmes, etc. Un excellent glossaire des termes d'emploi le plus fréquent en physique atomique conclut ce livre très intéressant et dont le ton si simple

et si facile surprend en regard de la pression des textes toujours plus complets et sophistiqués, mais inévitablement plus difficiles, surtout pour les étudiants et pour les non spécialistes des matières traitées.

Firenze, Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

R. FALCIANI

M. JAMMER. - *The Conceptual Development of Quantum Mechanics.* A vol. in-8, of XIV-400 pages. McGraw-Hill Book Company, London, 1966. Price, bound, sh. 84.

Une présentation du développement logique de la mécanique quantique non relativiste, pour les systèmes à nombre fini de degrès de liberté, suivant l'idée de Duhem: « faire l'histoire d'un principe physique, c'est en même temps en faire l'analyse logique ».

C'est pourquoi l'Auteur, qui a pu discuter le sujet avec nombre des principaux contribuants aux théories quantiques, a souvent préféré suivre la ligne logique au lieu de celle strictement historique. Le sujet est partagé comme suit.

La naissance des concepts quantiques et leur application à l'étude des spectres atomiques; l'ancienne théorie des quanta; la période de transition à la mécanique quantique; la formation de cette dernière dans ses différentes formes; l'intervention des concepts statistiques; le point de vue « de Copenhagen »; l'application de la théorie; l'étude de quelques problèmes de base; des appendices mathématiques.

Il est bien possible que le tableau que l'Auteur nous donne de l'un des domaines de base de la science moderne soit plus provisoire que dans l'opinion de l'Auteur même, mais il faut reconnaître la rigueur et la profondeur de cette excellente présentation, dont la lecture est fortement à recommander a tous ceux qui sont intéressés à approfondir les bases logiques de la science.

* * *

G. H. WANNIER. - *Statistical Physics.* A vol. in-8, of XII-532 pages, with many figures and tables. John Wiley & Sons, Inc., London, 1966. Price, bound, sh. 90.

La division traditionnelle du domaine de la physique statistique envisage la thermodynamique statistique, la mécanique statistique et les théories cinétiques.

Du point de vue soit didactique, soit logique, les frontières entre ces différents sous-domaines deviennent toujours plus artificielles et l'on reconnaît désormais l'opportunité de les fondre dans une « thermophysique ».

Dans cet esprit, l'Auteur, après une courte introduction thermodynamique, nous présente des notions d'introduction aux théories statistiques, l'interpré-

tation statistique des phénomènes et des lois élémentaires de la physique, l'interprétation statistique du deuxième principe de la thermodynamique, un rappel des « méthodes anciennes » d'introduction du principe même (y compris l'axiomatique de Carathéodory); l'étude de quelques processus irréversible, les grands ensembles, la statistique quantique des particules indépendantes, les applications aux gaz idéaux et réels, les propriétés thermiques des cristaux, les semiconducteurs, le magnétisme, une discussion du modèle de Ising, les propriétés des solutions, les phénomènes de transport, y compris ceux qui concernent la conduction d'électricité, les fluctuations etc.

On peut apprécier sous plusieurs points de vue l'efficacité didactique d'une présentation, dont la rigueur, est d'ailleurs parfois insuffisante, justement à l'occasion des concepts de base et des questions de principe. On peut citer à ce propos ce que l'Auteur écrit à la page 86 pour l'addivité de l'entropie, ou à la page 139 à propos des relations entre potentiels chimiques et l'énergie libre de Gibbs et de nombreuses autres occasions.

Milano, Politecnico.

R. Piontelli

G. Gamow. - *Trent'anni che sconvolsero la fisica.* La storia della teoria dei quanti. Un vol. in-16 (Volume 19 della *Biblioteca di Monografie Scientifiche*), di 206 pagine, con 31 figure e XII tavole. Casa Editrice Zanichelli, Bologna, 1966. Prezzo, non rilegato, L. 900.

Il s'agit d'un livre très intéressant, parce qu'il expose avec clarté et exactitude, les principales théories qui ont bouleversé, comme le dit l'Auteur, la physique dans les premières trente années du siècle. Il passe, naturellement, sur les développements mathématiques, qui étant très ardus et élevés, ne seraient compris que d'un très petit nombre de lecteurs. Voici les sujets traités:

Introduction. - 1. Planck et les quanta de lumière. - 2. Bohr et les orbites quantiques. - 3. Pauli et le principe d'exclusion. - 4. de Broglie et les ondes pilote. - 5. Heisenberg et le principe d'indétermination. - 6. Dirac et les antiparticules. - 7. Fermi et la transformation des particules. - 8. Yukawa et les mésons. - 9. Les hommes au travail. Le « Faust » de Blegdamsvel.

La lecture en est rendue attrayante par de nombreuses anecdotes qui caractérisent les illustres physiciens passés en revue, en les rendant vivants et réels. De plus, outre les figures qui illustrent le texte, il y a 8 charmantes caricatures, dues au même Gamow, de Plank, Bohr, Pauli, de Broglie, Heisenberger, Dirac, Fermi, Yukawa. Enfin, il y a une brève et gracieuse parodie du Faust, composée et récitée après l'un des congrès habituels de printemps à Blegdamsvaj, le siège de l'Institut de Bohr, près de Copenhague. 12 tables photographiques nous montrent les principaux physiciens du temps aux congrès de Copenhague, et à ceux Solvay de Bruxelles.

Genova, Università.

A. Natucci

Available From October 1959

CONTEMPORARY PHYSICS

A Journal of Interpretation and Review

Editor:
G. R. Noakes, M. A., F. Inst. P.

Editorial Board:

Consultant Editors:

Sir Lawrence Bragg, O.B.E., M.C., M.A., D.Sc., F.R.S.
Sir George Thomson, M.A., D.Sc., F.R.S.

Advisory Editors:

Professor L.F. Bates, Ph.D., D.Sc., F.R.S.
Dr. K. A. G. Mendelssohn, F.R.S.
Dr. F. A. Vick, O. B. E.

This new Journal will feature surveys of recent advances in physics, and interpretations of new theoretical concepts, both at a relatively elementary level, suitable for teachers in schools and colleges and for industrial scientists. It will also contain papers on the historical, philosophical, and educational aspects of the subject. It should commend itself strongly to the teacher who wishes to gain a first-hand picture of physics in Britain, contributed by many of its leading figures. The educational problems of syllabus, treatment, training and supply of teachers, and equipment that are common to both countries will be discussed in a regular series of articles by experts.

Price per part 5s. od. (660 L.) plus postage

Subscription price per volume (6 parts) 40s. (3.540 L.) post free, payable in advance

Printed and Published by

TAYLOR & FRANCIS LTD

Red Lion Court, Fleet Street, London, E. C. 4, England

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ DE CHIMIE BIOLOGIQUE

Publié avec le concours du Centre National de la Recherche Scientifique.

MASSON & Cie, Editeurs: 120 Bd.St-Germain Paris 6°
Imprimerie M. DECLUME, Lons le Saunier (Jura)

Organe officiel de la Société de Chimie Biologique

Secrétaire Général: **Prof. J. E. COURTOIS**

Rédacteur en chef: **Prof. Y. RAOUL**

Comité de Rédaction:

MM. R. ACHER, J. ASSELINEAU, E. AUBEL, Ch. BENEZECH, G. BISERTE, P. BOULANGER, Mme P. CHAIX, MM. H. CLAUSER, G. COHEN, J. E. COURTOIS, R. DEDONDER, Y. DERRIEN, D. DERVICHIAN, P. DESNUELLE, J. P. EBEL, P. FLEURY, P. GRABAR, F. GROS, Mme GRUNBERG-MANAGO, MM. M. M. JANOT, M. F. JAYLE, A. KEPES, Ed. LEDERER, S. LISSITZKY, P. MANDEL, C. MENTZER, A. M. MICHELSON, J. MONTREUIL, R. MONIER, J. MONOD, NGUYEN-VAN-THOAI, F. PERCHERON, J. POLONOVSKI, Y. RAOUL, J. ROCHE, P. SLONIMSKI, Mlle A. M. STAUB, MM. J. TONNELAT, R. WURMSER.

Le Bulletin de la Société de Chimie Biologique est l'organe officiel de la Société de Chimie Biologique, fondée en 1914. Il publie les comptes rendus des séances, les textes des Conférences présentées devant la Société et les travaux originaux des membres de la Société. Chaque année paraissent 12 numéros, représentant un ensemble d'environ 2.000 pages.

Prix de l'abonnement pour l'année 1968:

France et Zone franc ..... **100** F.
Belgique ..... **1232** frs belges
Autres pays ..... **115** F.

également payables dans les autres monnaies au cours des réglements commerciaux du jour du paiement.

La Chimica e l'Industria

"Giornale di Chimica Industriale ed Applicata" — "L'Industria Chimica"

ORGANO UFFICIALE DELLA SOCIETÀ CHIMICA ITALIANA

Rivista mensile pubblicata dalla

Soc. p. Az. Editrice di Chimica
20121 Milano, Piazzale Rodolfo Morandi, 2

Contiene:

Memorie originali italiane;
Rassegna della produzione scientifica e tecnica;
Rassegna del movimento commerciale e industriale mondiale interessante i chimici;
Corrispondenze; Listino prezzi.

Prof. ALBERTO GIRELLI, Direttore

Direz. e Amm.: Milano - P.le Rodolfo Morandi, 2
Redazione: 20121 Milano - P.le Rodolfo Morandi, 2
00198 Roma - Viale Liegi, 48

Abbonamento annuo per il 1968:
Italia: L. 13.500
Estero: Europa L. 16.000; Altri Paesi L. 17000
Numero separato: Italia: L. 1.350
Estero: Europa L. 1.600; Altri Paesi L. 1.700

ANNALES DE GÉOPHYSIQUE

MEMBRES CORRESPONDANTS

Sydney CHAPMAN **Sir Harold JEFFREYS**
Marcel NICOLET

Comité de rédaction: P. AUGER, V. BARANOV, J. E. BLAMONT, L. CAGNIARD, J. COULOMB, A. DANJON, J. F. DENISSE, H. DESSENS, J. DUFAY, J. GOGUEL, G. GRENET, Mme H. LABROUSTE, Y. LEGRAND, C. MAURAIN, L. MIGAUX, P. QUENEY, J. ROTHE, P. TARDI, E. THELLIER, E. VASSY.

DIRECTEURS:

Georges JOBERT **André LEBEAU**

Les ANNALES de GÉOPHYSIQUE publient des mémoires originaux, des notes de laboratoire, des rapports et mise au point sur des sujets d'actualité. Elles paraissent par fascicules séparés, 4 par tome annuel.

Prix de l'abonnement pour un an: 70 Frs
L'abonnement part du 1er Janvier de chaque année.

EDITIONS du C.N.R.S.
15, Quai Anatole France - PARIS 7°
C.C.P. PARIS 9061 - 11

D. I. BLOKHINTSEV. - *Mécanique quantique et applications à l'étude de la structure de la matière.* Préface de W. MERCOUROFF. Un vol. in-8, de VIII-624 pages, avec 93 figures et tableaux. Masson & Cie, Paris, 1967. Prix, cartonné toile, 85 F.

Bien qu'imprimé en France en 1967, ce volume est de 1944 et c'est là la traduction de la quatrième édition russe. Le fait qu'un livre de physique soit encore imprimé après vingt-trois ans depuis sa première parition est un peu exceptionnel à l'époque d'aujourd'hui qui, par les innombrables recherches expérimentales et théoriques effectuées dans tous les laboratoires du monde, selon un rythme sans cesse croissant, dépassent le contenu d'un livre en peu d'années.

La longue vie de cet ouvrage, très valable, a diverses justifications. Avant tout, le livre est essentiellement « classique », ensuite, il embrasse de vastes territoires (depuis les principes fondamentaux de la théorie des quanta aux rapports de la mécanique quantique avec la mécanique classique et avec l'optique, de la théorie des transitions aux gaz de Fermi-Dirac et de Bose-Einstein, des atomes à plusieurs électrons aux molécules, au noyau atomique), enfin il est écrit d'une manière magistrale. Ce volume est enrichi de onze appendices, d'un index analytique et d'une bibliographie (que nous aurions aimé plus riche et plus à jour). Son mérite principal c'est, toutefois, son organisation interne et la clarté de l'exposition. C'est cela qui sert surtout aux étudiants et c'est à eux, en fait, que le livre s'adresse et auxquels nous le recommandons. Nous sommes cependant certains que même les chercheurs et les chargés de cours tireront de sa lecture, ou de sa consultation, des raisons d'intérêts et d'inspiration. En tant qu'ouvrage de référence et de guide pour la préparation des cours clairs et convainquants. Particulièrement utiles seront les applications à la « physique microscopique » (des solides, moléculaire, atomique et nucléaire) qui donnent une idée nette de l'ampleur des thèmes qui intéressent la mécanique quantique.

Firenze, Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

M. RIGUTTI

J. BURCHER. - *Les combinaisons optiques. Pratique de calculs.* Un vol. in-8, de XXII-714 pages, avec de nombreuses figures et LXXIII planches. Editions de la Revue d'Optique Théorique et Instrumentale, Paris, 1967. Prix, relié, 120 F.

C'est l'un des volumes constituant le « Traité d'Optique Instrumentale » à l'édition duquel l'Institut d'Optique de Paris travaille depuis 1951. Ce volume contient le cours de calcul optique fait à l'Ecole Supérieure d'Optique annexé à l'Institut même, pour la formation des spécialistes opticiens et en particulier des ingénieurs des industries de l'optique. Cet enseignement, ainsi que l'Auteur le signale dans l'Introduction, débuta en 1920 sous l'action de Henri Chrétien et continua ensuite sous celle de Jean Cojan et enfin, après la mort de celui-ci, de la part de l'A. lui-même. Pour cela, le volume contient

l'expression des directives et des méthodes que l'Institut de Paris a suivies pendant environ un demi-siècle.

Ce volume est essentiellement un texte scolaire, compilé sur la base d'une expérience technique et didactique non négligeable. Comme, d'autre part, celui-ci s'en tient à des voies classiques, sans aucune ouverture vers les idées nouvelles, qui, également, dans ce domaine, comme dans tous les domaines de la science pullulent de tellement de côtés. Du point de vue conceptuel, il faut relever une définition insuffisante des concepts fondamentaux, comme, par exemple, celui de l'image optique, parce qu'aujourd'hui il est nécessaire de rendre présent à celui qui étudie l'optique du point de vue géométrique, que les images calculées ne sont pas celles observées expérimentalement. Du point de vue pratique, on doit noter l'absence de toute mention à l'influence de l'énergie sur la structure des images.

C'est un texte didactique, bien construit, clair, et ordonné, qui sera très utile à celui qui s'intéresse au calcul optique, comme introduction à une telle étude; mais il doit être considéré plus comme la synthèse d'un passé récent, que comme une pointe vers l'avenir.

Arcetri-Firenze, Istituto Nazionale di Ottica.

V. RONCHI

***. - *Methods and Techniques in Geophysics*. Edited by S. K. RUNCORN. Volume 2. A vol. in-8, of x-314 pages, with many figures. Interscience Publishers, London, 1966. Price, bound, sh. 75.

Avant et plus que tout commentaire me paraît utile l'énumération des sujets de cet ouvrage en omettant les auteurs:

1) Construction de modèles électromagnétiques en échelle.
2) Technique de la haute pression.
3) Techniques pour mesurer les composants de haute fréquence du Champ Géomagnétique.
4) Les méthodes de Fourier en Géophysique.
5) Méthodes et instruments pour démagnétisation thermique et à courant alterné.
6) Prospersion sismique.
7) Méthodes de précision pour la datation des roches jeunes avec les isotopes Potassium-Argon.

S. K. Runcorn, « éditeur » dans la signification anglaise du terme, indique dans sa préface la raison qui a inspiré l'oeuvre elle-même: illustrer les plus récents progrès de certaines techniques de la Géophysique et combler ainsi une lacune qui paraît exister dans une littérature, par ailleurs si riche.

A titre d'exemple nous voulons citer le problème des modèles, à savoir le problème de reconstruire à l'échelle du laboratoire des configurations et des paramètres relatifs, qui dans la nature ont des dimensions différentes par plusieurs ordres de grandeur. Et c'est cela qui est traité dans le premier chapitre, encore qu'en se limitant aux techniques électro-magnétiques. En relation étroite avec celui-ci se trouve le problème (2e chapitre) des hautes pressions pour

reproduire au laboratoire les conditions qui se rencontrent à l'intérieur de la Terre.

Un troisième exemple, choisi au hasard, c'est la méthode de datation basée sur le rapport Argon-Potassium.

Le savant en questions géophysiques possède dans cet ouvrage une source précieuse de renseignements et de références bibliographiques. Il ne s'agit pas de vulgarisation et pour cela, chaque chapitre suppose une solide préparation préliminaire.

Firenze, Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

G. TAGLIAFERRI

J. J. BURCKHARDT. - *Die Bewegungsgruppen der Kristallographie.* Zweite, neubearbeitete Auflage. Ein Band in-8, von 210 Seiten, mit 67 Abbildungen und Tabellen. Birkhäuser Verlag, Basel, 1966. Preis, geb., Fr.s. 37,50.

L'ouvrage bien connu du Prof. Burckhardt exposant l'application à la cristallographie de la théorie des groupes de mouvement est publié dans une deuxième édition. Il n'est pas nécessaire de rappeler l'importance que cette théorie a pour la cristallographie: Schoenflies et Fedorow ont ouvert la voie à tous les progrès des connaissances de la structure des cristaux; toutes les sciences (y compris celles biologiques) et la technique ont largement profité de ces progrès. Le livre du Prof. Burckhardt traite le sujet du point de vue mathématique général: les réseaux cristallins et leurs groupes de symétrie sont déduits comme cas particuliers. Dans la nouvelle édition, en sus des groupes blanc-noir, les groupes de couleur sont aussi examinés brièvement. L'éditeur est bien connu pour le haut standard typographique.

* * *

L. VAN DER PLAS. - *The Identification of Detrital Feldspars.* A vol. in-8 (Volume VI of the Series *Developments in Sedimentology*), of XII-306 pages, with 66 figures and XL tables. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1966. Price, bound, Dfl. 52,50.

Si la détermination des feldspaths des roches éruptives et métamorphiques est essentielle pour l'étude de ces roches, l'identification des feldspaths que l'on peut trouver dans les roches sédimentaires n'a pas une importance négligeable: et, en conséquence de la variété des éléments détritiques que l'on peut rencontrer dans ces roches, la détermination des feldspaths demande dans ce cas encore plus de soin que dans celui des roches éruptives et métamorphiques. Le livre du Dr. Van der Plas, consacré en principe aux méthodes d'étude des feldspaths détritiques, est donc, en réalité, une monographie presque complète du sujet général de la détermination de ces minéraux. La description des méthodes est précédée par une introduction qui traite en général des feldspaths dans les sédiments et dans les terrains, et par deux chapitres qui résument les caractères minéralogiques, chimiques et physiques des feldspaths alcalins, des

plagioclases et des associations des deux familles. Les différentes méthodes de séparation et d'identification sont ensuite exposées très en détail, en commençant par celle par coloration, en passant à celles par concentration, par gravité ou par flottation, à celles optiques, qui sont naturellement les plus détaillées, à celles par les rayons X et à celles chimiques. Tous les détails techniques nécessaires pour la pratique sont donnés pour chacune des méthodes. L'A. a le souci d'être très complet (mais il ne mentionne pas une méthode optique italienne proposée récemment, laquelle est très rapide et certainement non moins exacte que d'autres qui sont décrites). Il faut dire que, en réalité, l'emploi de certaines méthodes ne peut être qu'exceptionnel, puisqu'il demande un équipement de laboratoire et un travail sans proportion avec la réelle utilité des résultats, sinon dans de cas particuliers. A part ces observations, le livre est certainement très utile aux géologues, aux pétrographes et aux minéralogistes. Comme les autres volumes de cette série, la présentation typographique est excellente, les figures sont nombreuses et très bonnes.

Torino, Università.

A. Debenedetti

V. J. A. Novak. - *Insect Hormones.* A vol. in-8, of xviii-478 pages, with 58 figures and IX plates. Methuen & Co., Ltd., London, 1966. Price, bound, sh. 90 in U. K. only.

C'est la première traduction en anglais de la troisième édition en langue allemande du traité devenu classique de Novak sur les hormones des insectes. Traité dans lequel sont largement exposés et discutés tous les problèmes complexes et souvent non encore du tout éclaircis, que révèle l'analyse de l'action que les différentes hormones exercent sur le développement et sur le déploiement des activités vitales des insectes.

A un chapitre d'introduction sur l'histoire des premières découvertes des hormones des insectes et sur l'importance de leur action dans l'organisation de l'individu, enrichi d'un tableau dans lequel sont coordonnés les types d'hormones, leur localisation, le siège d'action, les effets, et les découvreurs respectifs, succède un second chapitre illustrant les méthodes et les techniques à suivre dans les recherches sur les hormones.

Un troisième chapitre qui constitue la partie centrale de l'ouvrage, traite des hormones de la métamorphose; à savoir décrit les nombreux organes sécréteurs des hormones et de ces dernières l'action dans la détermination des diverses phases de la métamorphose. Particulièrement discutées sont les doctrines sur la signification et sur l'origine des métamorphoses. Dans les chapitres se succédant sont illustrés : hormones et diapause, neuro-hormones, proto-hormones, exhormones, comparaison entre les hormones des insectes et celles des vertébrés et d'autres invertébrés; et enfin la valeur des connaissances sur les hormones pour la classification et la phylogénèse des insectes.

Une très riche bibliographie, qui occupe bien 130 pages, deux index: un des noms scientifiques et un des noms des auteurs cités, terminent cette ouvrage qui, ainsi qu'on le disait au début, est fondamental pour la connaissance

d'un problème biologique d'une si exceptionnelle importance, que l'est celui des fonctions des hormones.

De nombreux dessins schématiques, beaucoup de figures et de tables complètent l'ouvrage. Excellente la présentation typographique.

* * *

V. C. Twitty. - *Of Scientists and Salamander.* A vol. in-8, of XII-178 pages, with 59 figures. W. H. Freeman and Company, London, 1966. Price, bound, sh. 36.

Le volume de Twitty est une espèce d'autobiographie encandrée dans les recherches d'embryologie expérimentale et de génétique conduites par l'auteur sur les tritons; s'étant inspiré de l'oeuvre géniale et si féconde de Harrison, et s'étant formé à une école qui développa les techniques les plus affinées pour les expériences de transplantations, de greffes, d'organisateurs, d'hybridations qui conduisit l'embryologie expérimentale à des conquêtes de la plus haute valeur, après avoir travaillé à Yale, Twitty se rendit en Allemagne où faisait école Spemann, qui conduisait des recherches parallèles à celles de l'école de Harrison. Et en Allemagne il eut ainsi la possibilité de connaître les résultats obtenus par l'école allemande, qui était florissante et d'acquérir de nouvelles connaissances. Rentré en Amérique à Standford il reprit ses recherches d'hybridation et de transplantation et de génétique sur les tritons de Californie, recherches ces dernières conduites ensuite sur une vaste échelle dans une vaste aire naturelle, zone montagneuse et riche en eux où vivent des espèces très apparentées d'un même genre de tritons et ont pu être conduites dans les conditions les meilleurs. Beaucoup d'excellentes figures et une bonne bibliographie complètent l'ouvrage.

Genova, Museo Civico di Storia Naturale.

E. Zavattari

T. R. E. Southwood. - *Ecological Methods, with Particular Reference to the Study of Insect Populations.* A vol. in-8, of XVIII-392 pages, with 101 figures and XXIV tables. Methuen & Co. Ltd., London, 1966. Price, bound, sh. 75.

***. - *Environmental Biology.* Compiled and Edited by P. L. Altman and D. S. Dittmer. A vol. in-4, of XXII-694 pages, with figures. Federation of Americn Societies for Experimental Biology, Bethesda, 1966. Price, bound, Doll. U.S.A. 15,00.

R. Riedl. - *Biologie der Meereshöhlen.* Topographie, Faunistik und Oekologie eines unterseeischen Lebensraumes. Eine Monographie. Ein Band in-8, von 636 Seiten, mit 328 Abbildungen im Text und XVI Farbtafeln. Verlag Paul Parey, Hamburg, 1966. Preis, geb., DM. 186.

SOCIETA' METALLURGICA ITALIANA

SEDE SOCIALE
Roma - Via Barberini, 86 - tel. 460.697
Capitale L. 13.000.000.000 interamente versato

SEDE CENTRALE, COMMERCIALE ED AMMINISTRATIVA
FIRENZE - Borgo Pinti, 99
Indirizzo telegrafico CUPRUM - tel. 27.94 (16 linee) telex 57.011

UFFICI
MILANO - Via Leopardi, 18 - tel. 870.347 - telex 31172 MI
GENOVA - Via XX Settemb. 14/29 - tel. 581.732
PADOVA - Via S. Lucia, 5 - tel. 661.310

LAVORAZIONE PLASTICA DI METALLI NON FERROSI

Raffinazione del rame: recupero del rame nelle diverse qualità e forme commerciali a mezzo di trattamenti metallurgici ed elettrolitici a partire da qualsiasi materia prima che lo contiene, come cementi o ceneri, scorie, cavi isolati, rottami vari.

Rame e sue leghe: ottoni comuni e speciali - bronzi comuni e speciali - cuproleghe.

Nickel e sue leghe: alpacche e packfong - cupronickel - leghe speciali, smini 70 - anodi di nickel per impianti galvanici.

Sotto forma di: lamiere - nastri - dischi - piattine - barre - profilati - tubi - fili - corde in tutti i tipi e le dimensioni richieste dal commercio.

Alluminio ed alluminio acciaio in fili e corde per conduttori.

PRODUZIONI SPECIALI

ELECTROCUFER: filo di acciaio rivestito elettroliticamente di rame per trasporto correnti a bassa potenza.
SKINPLATE: lamiere in alluminio o acciaio rivestite di un film polivinilico in colori assortiti, con superficie liscia o operata, perfettamente aderente e resistente a tutte le deformazioni di imbutitura.

PYROTENAX: conduttore in rame ad isolamento minerale, protetto da una guaina di rame, per impianti antincendio.

TUBRACORD: cavo composto di tubi di rame, rivestito in resina, per strumentazione pneumatica.
SMITERM TRUFIN - Tubi alettati.

Raccordi in rame e bronzo a saldatura capillare per impianti idrotermosanitari, refrigerazione, e condizionamento.

MINUTERIE METALLICHE

Portalampade, virole, viti, chiodi, spilli dritti, spilli di sicurezza, cappucci per penne, astucci per cosmetici, fondelli d'ottone per cartucce.

MUNIZIONAMENTO MILITARE

Bossoli di tutti i calibri.

Est à signaler avec le plus vif intérêt la parution de ces trois nouveaux livres sur le sujet écologique, qui pour des raisons différentes, et de différentes directions, marquent un moment important dans la manière de traiter des relations entre animaux et milieu. Ce sont trois ouvrages très différents entre eux, mais tous de très grande utilité: un manuel de méthodologie, un répertoire bibliographique général et un traité spécialisé.

T. R. E. Southwood avec son « Ecological Methods » tourné essentiellement vers la dynamique des populations a élaboré une synthèse importante, en fournissant non seulement un guide pour les recherches des débutants en écologie, mais aussi une excellente bibliographie méthodologique. L'utilisation des méthodes mathématiques est évidemment en grand honneur tout au long du livre, mais toujours en liaison immédiate avec la recherche sur le terrain: pour cela l'exposition n'est jamais purement théorique. En outre grâce à l'excellente répartition de la matière, le livre autorise une consultation facile cas par cas à celui qui veut entreprendre des recherches numériques sur les populations des milieux les plus disparates. Très heureux les chapitres sur la planification des expérimentations, sur l'estimation de la natalité, de la mortalité, de la dispersion. Présentés rigoureusement, et très pratiques, ceux sur la manipulation de l'échantillonnage dans les différents milieux. Excellent la synthèse sur les associations faunistiques et l'analyse des communités. Importante, et de grande actualité, l'exposition de la productivité et du balance énergétique. Un livre longuement attendu, qui incite au travail en en facilitant la mise en place et l'exécution.

« Environmental Biology », élaboré par Altman et Dittmer, est un curieux ensemble de tables. Cent quatre-vingt dix pour l'exactitude, chacune tirée d'une très riche bibliographie toujours rapportée en entier, et faisant la synthèse des aspects les plus disparates des rapports des animaux avec tous les facteurs de milieu, de la température, aux radiations, aux sons et vibrations, à l'accélaération et à la gravité, à l'atmosphère (pression, fine poussière, gaz), à l'eau, aux solutions. Une imposante tabulation est consacrée aux biorythmes. Chaque exposition est toujours extrêmement analytique, les organismes divisés en catégories systématiques, les facteurs ambiants décomposés en les éléments constitutifs essentiels et évalués à partir des perspectives les plus diverses. Il s'agit d'un ouvrage exclusivement destiné à la consultation, mais indispensable à tout laboratoire de physiologie, d'écologie, d'éthologie expérimentale.

« Biologie der Meereshöhlen » de Rupert Riedl est un ouvrage purement naturaliste, qui invite à la lecture, à l'exploration, à la science. Sujet suggestif, excellente exposition, édition splendide et excellentes figures. Dans cette période où l'aventure subaquatique est en grand honneur, il est facile de prédire au livre un vaste succès, des rééditions et des traductions. Les premiers chapitres sont strictement techniques: problèmes et méthodes de la spéléologie sous-marine, étude topographique et analyses de la flore et de la faune des cavernes sous-marines. Puis l'exposition pénètre dans l'écologie plus fine: zonations des cavités, facteurs déterminant les diverses associations à leur intérieur, étude des associations elles-mêmes. Enfin, rapports entre grottes sous-marines et du littoral. Il est inutile de dire que le livre fait des rappels constants à la systématique botanique, et surtout zoologique. Et c'est pour cela qu'il est nécessaire de souligner que l'exposition n'en ressort pas le moins alourdie, même, qu'elle trouve souvent dans le cataloguage classificateur une

légéreté particulière, stimulant le lecteur à l'approfondissement de ses propres connaissances systématiques. Signe indubitable de la vivification réciproque que l'on a aujourd'hui entre une bonne systématique et une bonne écologie. Enfin, une note gaie pour la science italienne, qui trouve tout au long de l'ouvrage une excellente évaluation de l'oeuvre des plus anciens (Cavolini, Delle Chiaje) ou des plus modernes (Ruffo, Sarà) spécialistes de l'exploration des cavités sous-marines de notre Pays.

Siena, Università, Istituto di Zoologia e Biologia Generale.

B. Baccetti

***. - *Biochemistry of Mitochondria.* Colloquium held on Occasion of the Third Meeting of the Federation of European Biochemical Societies, Organized by the Polish Biochemical Society, Warszaw, April 4th-7th, 1966. Edited by E. C. Slater, Z. Kaniuga and L. Wojtczak. A vol. in-8, of VIII-122 pages, with many figures and tables. Academic Press, London, 1967. Price, bound, sh. 35.

Ce volume concerne le colloque tenu à Varsovie du 4 au 7 avril 1966 à l'occasion de la troisième réunion de la Fédération des Sociétés européennes de Biochimie. Sur les colloques sur d'autres sujets biologiques qui se sont déroulés à la même occasion on a déjà rendu compte précédemment dans cette Revue.

Celui de maintenant concerne la biochimie des mitochondries et il est édité par E. C. Slater, Z. Kaniuga et L. Wojtczak.

Les articles sont au nombre de treize, introduits par une brève préface de K. Zakrzewski et W. J. Whelan.

Le premier rapport est de E. C. Slater sur la chaîne respiratoire et la phosphorylation oxidative (certains des problèmes non résolus); le second est de M. Klingenberg et A. Kröger sur la fonction de l'ubiquinone dans la chaîne respiratoire; le troisième de L. Ernster, Chuan-pu Lee et S. Janda sur la séquence des réactions dans la phosphorylation oxydative; le quatrième sur la phosphorylation dans le transport protonique (quelques preuves expérimentales); le cinquième de J. B. Chappell et K. N. Haarhoff sur la pénétration de la membrane mitochondriale de la part des anions et des cations; le sixième de B.Chance sur le pH intramitochondrial et le dernier de H. A. Krebs sur la genèse mitochondriale de pouvoir réducteur.

Comme on le voit dans cette énumération, il s'agit de sujets très intéressants et très spécifiques et tous sont exposés et discutés avec grand souci et, pour cette raison, ils concourrent tous au progrès des connaissances sur les phénomènes fondamentaux de la fonction mitochondriale.

* * *

***. - *Comprehensive Biochemistry.* Edited by M. Florkin and E. H. Stotz. Volume 14: *Biological Oxidations.* A vol. in-8, of XVI-514 pages, with many

figures and tables. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1966. Price, bound, Dfl. 70.

Questo 14° volume dell'ormai famoso trattato di Florkin e Stotz è particolarmente ampio, corrispondentemente all'argomento cioè le ossidazioni biologiche.

Lo compongono dieci capitoli:
I. Deidrogenazione (S. P. Colowick, J. van Eys, J. H. Park). - II. Chimica e funzione dell'acido lipoico (L. J. Reed). - III. Deidrogenasi flaviniche della catena respiratoria (Th. P. Singer). - IV. I complessi funzionali del sistema mitocondriale trasferente elettroni (Y. Hatefi). - V. Citrocromi e Citocromossidasi (K. Okunuki). - VI. Il sistema mitocondriale trasferente elettroni (D. E. Green). - VII. Fosforilazione ossidativa (E. C. Slater). - VIII. Fosforilazione fotosintetica (A. W. Frenkel e K. Cost). - IX. Attivazione enzimatica dell'ossigeno (L. L. Ingraham). - X. Perossidasi e catalasi (A. S. Brill).

La elencazione dei capitoli ed i nomi degli Autori danno chiara idea della singolare importanza di questo volume che è un nuovo gioiello della trattatistica internazionale.

* * *

H. E. Schultze and J. F. Heremans. - *Molecular Biology of Human Proteins.* With Special Reference to Plasma Proteins. Vol. I: *Nature and Metabolism of Extracellular Proteins.* A vol. in-8, of XII-904, with 418 figures and XCIII tables. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1966. Price, bound, Dfl. 150.

Il s'agit d'un des meilleurs ouvrages parus en ces dernières années dans le domaine de la Biologie médicale.

Le premier volume traite des protéines extracellulaires, à savoir celles du plasma et des autres liquides de l'organisme, le second - non encore publié - concernera les protéines cellulaires. Le titre de l'ouvrage est: Biologie moléculaire des protéines humaines mais, en réalité, l'exposé est plus étendu, de façon que l'on peut dire que les protéines extracellulaires sont étudiées de tous les points de vue, y compris le métabolisme. Dire qu'il s'agit d'une étude et non d'un pur exposé veut signifier que sont explorées d'innombrables questions pour certaines desquelles on présente une ou plusieurs explications possibles, pour d'autres on démontre l'impossibilité d'interprétation, ce qui constitue une invitation aux lecteurs à la réflexion et à l'expérimentation.

Ce premier volume est divisé en quatre sections, chacune desquelles comprend divers chapitres. La première section traite des protéines en général, la seconde des protéines plasmatiques, la troisième de la vie des protéines plasmatiques, la dernière section considère les protéines des liquides extravasculaires.

La finitude et le caractère moderne de l'exposition, la problématique, l'iconographie et la bibliographie font d'un tel volume, un excellent ouvrage d'étude et de consultation.

Napoli, Istituto di Patologia Generale.

L. Califano

***. - *Sourcebook of Laboratory Exercises in Plant Pathology.* Sourcebook Committee of the American Phytopathological Society. A vol. in-8, of XXVIII-388 pages. W. H. Freeman and Company, London, 1967. Price, bound, sh. 68.

Il est agréable de définir ce Manuel d'exercices comme original, nous dirions mieux de techniques appliquées à la phytopathologie, édité par le Sourcebook Committee of the American Phytopathological Society. Certaine est ensuite son utilité si l'on pense combien la collection sélectionnée de tant de méthodes appliquées par divers Auteurs dans la recherche phytopathologique, offre à l'expérimentateur une première information et une première orientation dans le choix et dans la définition des techniques à suivre dans certaines de ses recherches possibles. Pour beaucoup de celles-ci sont indiquées précisément plusieurs méthodes. De toutes les méthodes décrites sont données les indications bibliographiques relatives.

Excellente la présentation typographique.

Pisa, Università, Istituto di Patologia Vegetale e di Microbiologia Agraria.

O. VERONA

E. CALLOT. - *Histoire de la philosophie biologique par les textes.* Un vol. in-8 (de la collection « *Biologie* »), de 436 pages, avec XII planches hors texte. Editions Doin, Paris, 1966. Sans indications de prix.

L'enseignement de l'histoire de la science s'impose de plus en plus comme un moyen subsidiaire essentiel pour la formation des jeunes scientistes. M. Callot a adopté dans ce livre une double méthode, historique et anthologique; c'est-à-dire qu'il donne un exposé historique et philosophique des principaux problèmes et les fait suivre par des morceaux choisis des ouvrages des auteurs les plus significatifs, depuis Aristote jusqu'à Morgan, Muller, Bernal.

Après un chapitre introductif sur la philosophie biologique, la matière est partagée en trois sections, à savoir: le domaine biologique: méthodologie des sciences biologiques (établissement des faits; généralization des types, classification, causalité des phénomènes; l'achevement théorétique); épistémologie des sciences biologiques (l'essence de la vie; les manifestations de la vie; l'origine de la vie; l'évolution de la vie; l'avenir de la vie). Les auteurs dont un on plusieurs morceaux sont reproduits, sont en nombre de 73. C'est à regretter que M. Callot considère Lyssenko comme digne d'être cité.

Dans ce livre l'auteur a donc essayé d'exposer avec un certain ordre une philosophie biologique basé sur l'historique. On peut dire qu'il a reussi dans son but.

* * *

R. C. OLBY. - *Origins of Mendelism.* With an Introduction by C. D. DARLINGTON. A vol. in-8, of 204 pages, with XII plates. Constable, London, 1966. Price, bound, sh. 30.

The pre-mendelian hybridists have been the object of several studies; in 1929 an extensive work on this subject was published by H. F. Roberts. But the matter was not exhausted, as the present book clearly shows. Dr Olby reconsiders very thouroughly the works of Koelreuter, Gaertner, Naudin, as well as of many other experimentalists and theoreticians of premendelian time. He then considers Mendel's life and work. Subsequently he analyses the pause years or twilight years as Darlington calls them, until the rediscovery made by three biologists at the same time in the year 1900.

Some interesting facts are pointed out in Olby's book, such as Galton's lettes to Darwin in which a true mendelian ratio was set out: surprisingly enough, both sender and recipient entirely overlooked the whole matter. Many little known, or well known but often disregarded aspects of the history of mendelism are vividly brought about and discussed. The historical vicissituder of this great discovery, fundamental to modern biology are quite peculiar and unusual, and many aspects are still rather misterious. Thus is it the more important to investigate into this chapter of history of science and to cancel from the mind of many laymen and some biologists the wrong statement that Mendel had no precursor, that his work originated as an isolated full achievement, as Minerva out of Jupiter's brain.

Roma, Università, Istituto di Genetica.

G. MONTALENTI

REVISTA ESPAÑOLA
DE
FISIOLOGIA

Fundada en 1945, publica trabajos de investigación sobre temas de Fisiología humana normal y patológica, Fisiología animal y comparada y Bioquímica.

Los cuatro números publicados cada año forman un volumen.

Cada artículo lleva un extenso resumen en inglés.

Precio de suscripción anual:

España, 400 pesetas.
Extranjero, 8 $ U. S. A.

Redaccion y Administracion:

REVISTA ESPAÑOLA DE FISIOLOGIA
APARTADO, 273 - PAMPLONA (España)

ETHNOIATRY
BI-ANNUAL JOURNAL OF ETHNOMEDICINY OF THE ITALIAN INSTITUTE OF ETHNOIATRE

Direction
Prof. Dr. Antonio Scarpa

It is the only journal existing of it's kind dealing exclusively with arguments concerning ethnomedicine.
« Ethnoiatry » seeks to awake the interest for studies and research in the vast, polyhedric, little known and fascinating field of the traditional medicines of the peoples of the earth.
« Ethnoiatry » is the only up-to-date journal which converges on new topics which can interest doctors, anthropologists, ethnologists, sociologists and psycologists.

It publishes the articles in the original language of the author (Italian, French, English, Portuguese, Spanish and German) and every article is followed by an ample summary in Italian and English. Every number is supplied with a wide unpublished photographic documentation, and contains Reviews - Bibliographic Announcements - News;

Annual subscription: **Italy 3,000 lt. Lira**
Abroad $ 7

Separate number: **Italy 1,500 lt. Lira**
Abroad $ 3,50

Remittance to be sent to:
ETHNOIATRY - Ethnomedical Journal
Viale Tamagno, 24 Varese on a/c postal N° 27-550

Direction, Editorial office and Administration:
THE ITALIAN INSTITUTE OF ETHNOIATRY
c/o Hospital del Circolo di Varese
Viale Tamagno, 24 - 21100 Varese

RIVISTA MILITARE
Direzione: Via S. Marco, 8 - 00186 Roma
Telefoni: civile 674.200; mil. 3360 - c. c. postale 1-480

CONDIZIONI DI ABBONAMENTO PER IL 1968

Italia:	individuale per gli appartenenti alle Forze Armate (ufficiali in congedo compresi)	L. 1500
	per i Comandi, Circoli, Enti militari	L. 2000
	per i privati	L. 4000
Estero	. . . . .	L. 6000

L'abbonamento decorre per anno solare.

L'importo per l'abbonamento deve essere inviato alla: **RIVISTA MILITARE** Via S. Marco, 8 - Roma a mezzo di assegno bancario o vaglia postale o versamento sul conto corrente postale n. 1-480

Con la richiesta di abbonamento è necessario precisare: Grado - Cognome e Nome - Ente o reparto o indirizzo privato.

CAMBIO INDIRIZZO: Le richieste vanno accompagnate da Lire 40.

La **RIVISTA MILITARE**, periodico mensile illustrato, oltre alla divulgazione dei nuovi orientamenti del pensiero militare scaturiti dalle più recenti esperienze di guerra, tratta tutti quegli argomenti - scientifici, storici, economici, giuridici, ecc. - che comunque possano interessare la preparazione del paese alla difesa. Ciascun numero, poi, contiene numerose recensioni ed un esteso notiziario relativo a tutto ciò che si attua nel campo militare estero.

Rivista di Biologia
pubblicata a cura dell'Università di Perugia
Diretta da Aldo Spirito

La nuova serie, iniziata col vol. 41 del 1949, pubblica lavori originali e di sintesi su argomenti di biologia normale e patologica oltre a profili di biologi e recensioni varie.
Con il volume 56 del 1963 la rivista esce in edizione bilingue (italiana e inglese).

VOL. 61° - ANNO 1968

Abbonamento annuale:
per l'Italia: Lire 3000
per l'Estero: Dollari 10

Per gli abbonamenti dell'anno in corso rivolgersi a:
Rivista di Biologia
Casella Postale 317 - 06100 Perugia

Per preventivi e acquisti di volumi pubblicati fino al 1962 rivolgersi a:
Walter Johnson, Inc.
111 Fifth Avenue, New York, N.Y. 10003 (USA)

Per preventivi e acquisti di volumi pubblicati dal 1963 in poi, rivolgersi a:
Periodici Scientifici s.r.l.
Via Gran Sasso 24 - 06100 Milano

Experiments at the New York University.

Experiments at New York University demonstrate that a simple change in the direction of spin places otherwise identical electrons in different worlds governed by entirely different physical principles.

NYU physicists report that the experiments mark the first direct measurement of interactions between spin-dependent electron-atom beams and provide a new and « extremely sensitive check on atomic structure and collision theory ».

Ordinarily, the invisible charged particles orbiting around the nuclei of all atoms are indistinguishable and considered identical in all respects. Professor Benjamin Bederson of the NYU department of physics, however, reports that experiments have been conducted in which electrons have been made distinguishable and in which one set of electrons is governed by the exclusion principle — a fundamental assumption in physics — and another set is not.

The experiments demonstrate that for a brief fraction of a second, one free electron and anatomic electron « prepared » with an opposite spin can occupy the same space at the same time. According to the exclusion principle, this is possible in the strange world of quantum mechanics only for non-identical particles.

Expanding on a report made in February 1968 at an American Physical Society-American Association of Physics Teachers meeting in Chicago, Professor Bederson said the results indicate that electrons can be considered identical or non-identical according to the way in which they are « prepared ».

Electrons in a beam of atoms « prepared » or polarized so that the electrons are all spinning in one direction are distinguishable from and behave differently than otherwise identical electrons in an unpolarized beam.

Professor Bederson said that techniques developed for the experiments will help physicists make more detailed observations of the difference between exclusion and non-exclusion type interactions between atomic and electron beams.

The exclusion principle is fundamental in the explanation of the variety of known chemical elements. It states that no two identical particles can occupy the same energy state simultaneously.

This means that no two electrons can orbit in the single closest possible orbital plane around the atomic nucleus. For this reason, the added electrons that distinguish atoms of various chemical elements from one another orbit in a series of concentric spherical planes called « shells ».

If the exclusion principle did not work, Professor Bederson said, there

would be no universe as we know it. All atoms would seek their lowest state and matter presumably would consist of only one simple element.

Professor Bederson with an associate professor of physics at the City College of New York, created collisions between polarized electrons in a beam of alkali atoms and unpolarized free electrons.

Some of the polarized atoms scattered by the collisions reversed their spin, indicating that for a split second, two electrons — identical except for their spins — simultaneously occupied the same state. In these observed interactions, the electrons were not governed by the exclusion principle.

Professor Bederson reported that these experiments produced direct evidence of tbe difference in interactions between polarized and unpolarized electrons. He said measurements obtained will provide a « very sensitive check » on theoretical calculations about scattering in atomic beam collisions.

New York.

NYU

Mise en valeur ou détérioration des ressources naturelles. Thème d'une conférence organisée par l'Unesco.

Une conférence intergouvernementale d'experts sur les bases scientifiques de l'utilisation rationnelle et de la conservation des ressources de la biosphère se tiendra du 4 au 13 septembre 1968 au siège de l'Unesco, à Paris.

Cette conférence a deux objectifs principaux: montrer comment la science moderne peut faciliter le choix et la mise au point de méthodes rationnelles pour l'utilisation et la conservation de ces ressources; adopter des recommandations précises en vue d'une action nationale et internationale.

Le but fondamental de cette conférence est de créer un climat de « pensée écologique » parmi les savants, de sorte qu'ils puissent franchir les frontières de leurs disciplines, et mettre en commun leurs connaissances afin de faire face à la menace que la croissance démographique constitue dans un milieu en détérioration.

La conférence essayera d'abord de montrer les liens qui existent entre l'utilisation de la biosphère (définie comme « la partie du globe terrestre où la vie peut exister ») et la population, sa santé, ses besoins alimentaires, ses besoins d'espace physique et ses aspirations.

Ces questions seront abordées dans quatre allocutions principales que prononceront le représentant du Secrétaire général des Nations Unies et les directeurs généraux de l'Organisation Mondiale de la Santé, de l'Organisation des Nations Unies pour L'Alimentation et l'Agriculture, et de l'Unesco.

Les documents de travail consacrés aux questions les plus importantes seront présentés par des experts de réputation internationale parmi lesquels il faut citer le Dr. Stanley A. Cain, biologiste, spécialiste de la conservation, secrétaire adjoint au Ministère de l'Intérieur des Etats-Unis, ainsi que le professeur Victor A. Kovda, pédologue éminent et membre de l'Académie des Sciences de l'URSS.

Les points principaux inscrits à l'ordre du jour de la Conférence sont les suivants:

— les conceptions scientifiques ayant trait à la biosphère;

— l'impact de l'homme (l'utilisation qu'il fait de son milieu et les dangers auxquels il l'expose).

— le rôle de la science dans la planification de l'utilisation rationnelle des ressources (ce vaste sujet couvre notamment les sols, l'eau, la végétation, les animaux, la pollution, la préservation et la protection des milieux naturels, et l'objectif final qui est de réaliser un équilibre dynamique entre l'homme et son milieu;

— les grandes lignes de l'action à entreprendre grâce à la recherche, à l'éducation et aux politiques scientifiques;

— examen des rapports présentés par les Etats membres de l'Unesco sur leurs activités passées, leurs problèmes actuels et les perspectives d'avenir.

Paris.

INFORMATIONS UNESCO

Copyright by
Rivista "SCIENTIA" Editrice
Sede legale - Milano, Via Donizetti 55
Registrata presso la Cancelleria del Tribunale di Milano col N. 1276
NORA BONETTI - *Direttore Responsabile*

ODAG - OFFICINA D'ARTI GRAFICHE - MILANO

CO • GE • CO

Compagnia Generale Contatori S. p. A.
20143 MILANO - Viale Cassala, 16 - Tel. 848.19.54-848.25.87

Contatori elettrici ad induzione, banchi automatici di verifica e taratura contatori, trasduttori elettro-magnetici a magnetizzazione forzata, motoriduttori, programmatori a motorino sincrono per apparecchiature elettrodomestiche, motorini sincroni monofasi autoavviantisi, orologi contaore per il controllo dei tempi di produzione.

NISTRI AMI ROMA

Strumenti aerofotogrammetric - Strumenti di bordo per l'aeronavigazione e controllo motori - Impianti per l'ossigeno liquido e gassoso per uso aeronautico - Sistemi di navigazione autonoma - Apparecchiature ottico-meccaniche ed elettroniche - Contatori elettrici, monofase, trifase, speciali e di controllo - Tassametri - Parchimetri.

OFFICINE GALILEO

50134 FIRENZE
Via C. Bini, 44

Pompe e apparecchiature per Alto Vuoto - Strumenti elettrici di misura da quadro, portatili e da laboratorio - Strumenti ottici, scientifici e per laboratorio - Strumenti topografici e fotogrammetrici.

CEAT S.p.A. - TORINO

CORSO PALERMO 1 - Capitale L. 10.000.000.000

Produzione:

Cavi e Conduttori Elettrici - Pneumatici
Prodotti vari in gomma e materie plastiche in genere.

"ERIDANIA" ZUCCHERIFICI NAZIONALI

SOCIETÀ PER AZIONI - CAPITALE SOCIALE LIT. 30.000.000.000 INT. VERSATO

SEDE IN GENOVA
CORSO A. PODESTÀ 2

Principali produzioni: zucchero, alcool, lievito per panificazione, lievito zootecnico, estratto di lievito, polpe secche comuni e melassate, polpe secche parzialmente esauste, mangimi, decalcinanti per pelli, semi di bietola zuccherina.

Cementir

CEMENTERIE DEL TIRRENO S.p.A.

CAPITALE L. 7.250.000.000 interamente versato

SEDE E DIREZIONE GENERALE:
ROMA - Viale Gorizia, 24/D - Tel. 861.741 (5 linee)

COMPAGNIA ITALIANA
WESTINGHOUSE
FRENI E SEGNALI

TORINO: Via P. C. Boggio 20 - Tel. 330.294-332.626
Telex: Westi To 21340

Equipaggiamenti pneumatici di frenatura per veicoli ferroviari e stradali. Apparecchi pneumatici per l'automazione, Apparecchiature elettriche di conversione. Diodi al silicio e piastre al selenio. Segnalamento ferroviario e telecomandi. Fusioni in ghisa meehanite.

DEL MONEGO S.p.A.

20121 Milano, Piazza Repubblica 8
Tel. 637389/637502 - Telex 32574 Termotec

Generatori di vapore a media e alta pressione, lic. Steinmuller;

Caldaie di ricupero, lic. Steinmuller;

Essiccatoi e forni verticali e orizzontali, lic. Bartlett-Snow-Pacific;

Bruciatori di nafta, gas, carbone per forni e caldaie industriali.

SIAI - LERICI, Azienda Industriale
CORMANO (Milano) - Via F. Filzi, 15

Officina specializzata per la lavorazione degli acciai inossidabili e dei metalli e leghe antiacide in genere (nichel, monel, titanio, hastelloy, ecc.). Costruzioni per altissimo vuoto.

BIRRERIA RISTORANTE PEDAVENA

a Km. 3 da Feltre, alle porte delle Dolomiti

Saloni per ricevimenti e congressi - Parco - Zoo
Campi da tennis e bocce - Cucina internazionale

TEL. 22.46 FELTRE

- **Coloranti**
- **Prodotti chimici**
- **Ausiliari per l'industria tessile**

ICI

IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES (ITALIA) spa.

DIVISIONE SESACOLOR

VIA G. NEGRI, 10 MILANO - TELEX: 31282 ESACOLOR
TELEFONI 869.0361 e 869.0041 (10 linee)

IX-X - 1968

Annus LXII Vol. CIII, N. DCLXXVII-DCLXXVIII Series VII

"SCIENTIA,,

(RIVISTA DI SCIENZA)

Rivista internazionale di sintesi scientifica – Revue internationale de synthèse scientifique International Review of Scientific Synthesis – Internationale Zeitschrift für wissenschaftliche Synthese – Revista internacional de síntesis científica

IST. PINCHERLE
INVENTARIO N. 5468

INDEX

E. Fichera (Italia) - *L'analisi indeterminata nell'astrodinamica.*

A. W. Richardson (U.S.A.) - *Biologic Effects of Non-Ionizing Electromagnetic Radiations.*

A. P. Wehner (U.S.A.) - *The Biological Significance of Electro-Aerosols.*

D. A. Wolfe and **T. R. Rice** (U.S.A.) - *Safe Levels of Radioactivity in Aquatic Environments.*

A. B. Kogan (U.R.S.S.) - *The Neuronal Organization of Brain Mechanisms.*

B. Suchodolski (Polska) - *L'éducation pour l'avenir et les traditions de la pensée pédagogique.*

S. Bochner (U.S.A.) - *The Size of the Universe in Greek Thought.*

RECENSIONI - COMPTES RENDUS - BOOK REVIEWS - BUCHBESPRECHUNGEN - ANALISIS DE OBRAS

G. Polya. - *Vom Lösen mathematischer Aufgaben. Band I.* — G. Polya. - *Vom Lösen mathematischer Aufgaben. Band II* **(F. Voltolini).** — G. Abetti. - *La Stella Sole* **(G. Godoli).** — A. Sommerfeld und H. Bethe. - *Elektronentheorie der Metalle* **(G. Calamai).** — M. Lucini. - *Principios fundamentales de las nuevas mecanicas* **(P. Caldirola).** — P. W. J. M. Boumans. - *Theory of Spectrochemical Excitation* **(V. Lorenzelli).** — ***. - *The Middle Ultraviolet. Its Science and Technology* **(V. Ronchi).** — A. Wegener. - *The Origin of Continents and Oceans* **(A. Sestini).** — ***. - *Airborne Microbes* **(L. Califano).** — J. Buettner-Janusch. - *Origins of Man. Physical Antropology* **(G. Montalenti).** — A. Rhodes and D. L. Fletcher. - *Principles of Industrial Microbiology* **(O. Verona).** — A. H. Müller. - *Lehrbuch der Paläozoologie. Band III: Vertebraten. Teil I: Fische in weiterem Sinne und Amphibien* **(E. Zavattari).** — M. Durand et P. Favard. - *La cellule.* — A. Berkaloff, J. Bourguet, P. Favard et M. Guinnebault. - *Biologie et physiologie cellulaire* **(B. Baccetti).** — L. Von Bertalanffy. - *Robots, Men and Minds* **(R. Canestrari).** — A. Goudot-Perrot. - *Cybernétique et Biologie* **(L. Rositani).** — P. F. Bortone S. J. - *P. Matteo Ricci S. J. Il Saggio d'Occidente* **(G. Abetti).**

CRONACA - CHRONIQUE - CHRONICLE - CHRONIK - CRONICA

Le attività spaziali condotte dall'Istituto di ricerca sulle onde elettromagnetiche. — Osservazioni scientifiche sulle cause e sulla previsione dei terremoti.

È assolutamente vietata la riproduzione e traduzione degli articoli di questa Rivista.
La reproduction et la traduction des travaux publiés dans cette Revue sont interdites.

L'ANALISI INDETERMINATA NELL'ASTRODINAMICA

Lo studio delle orbite dei Satelliti artificiali ha permesso di eseguire un'analisi più accurata di alcuni problemi di meccanica celeste. Questi problemi però non si limitano solamente allo studio delle orbite dei Satelliti artificiali, ma interessano anche altre questioni della scienza astronomica. Il capitolo della Meccanica che studia il complesso di questi problemi va sotto il nome di Astrodinamica analitica. In particolare, il problema delle perturbazioni sull'orbita di un Satellite artificiale è stato trattato da astronomi, fisici e matematici con procedimenti propri, conformi alla loro specializzazione. Noi in quest'articolo esponiamo brevemente il metodo seguito dai matematici, cioè applicando l'analisi indeterminata, basata sulla geometria degli iperspazi, che permette di eseguire una discussione più ampia dei dati dedotti dall'osservazione in modo da trovare i valori più probabili degli elementi orbitali con le loro variazioni nel tempo. Per seguire un certo ordine progressivo di difficoltà nelle applicazioni, abbiamo prima trattato l'equazione indeterminata di 1° grado con coefficienti numeri interi relativi costanti, poi con polinomi razionali interi in una variabile ed infine con forme algebriche F_h nelle variabili x_r, rispettivamente di ordine n_h.

Gli studi condotti sulle variazioni degli elementi orbitali dei corpi celesti artificiali - satelliti e asteroidi - hanno permesso una più profonda analisi dei problemi di Meccanica Celeste. Il capitolo più importante del complesso di questi studi è quello denominato Astrodinamica analitica. Esso tratta questioni che interessano diverse discipline della Scienza: astronomi, fisici e matematici vi hanno infatti dedicato notevoli ricerche teoriche e numeriche. Il problema principale e più studiato è quello che riguarda le perturbazioni - spesso di notevole entità - che subiscono i satelliti o gli asteroidi artificiali nel loro moto orbitale.

Conformemente alla loro specializzazione, i vari studiosi, che si sono interessati al problema, l'hanno trattato con procedimenti propri. Gli astronomi hanno in un primo tempo tentato di risolvere il problema secondo i metodi dettati dalla Meccanica celeste classica, cioè ricorrendo all'integrazione delle perturbazioni sulle coordinate (metodo di Encke) o usufruendo delle classiche formule che esprimono la variazione degli elementi di un'orbita kepleriana. Questi metodi però si sono dimostrati insufficienti per la risoluzione del problema, a causa della notevole entità delle perturbazioni sulle orbite dei corpi celesti artificiali; allora si è ripiegato con maggior successo - anche se non completo - sul metodo delle quadrature (equazioni di Hamilton-Jacobi) oppure operando direttamente sulla funzione perturbatrice potenziale supposta composta di due parti: una molto piccola e l'altra integrabile.

I fisici hanno impostato la questione facendola rientrare nel problema generale degli n-corpi, tentando delle soluzioni particolari in modo di trovarsi d'accordo con le osservazioni di posizione del corpo

celeste artificiale, eseguite - il più delle volte - per mezzo di rilievi radioelettronici.

I matematici hanno invece impostato il problema in modo molto interessante, facendolo rientrare nella geometria degli iperspazi e giungendo a rappresentazioni notevoli e suggestive.

In altre parole si può dire che sin'oggi spetta ai matematici il merito di aver rappresentato teoricamente il problema nel modo più completo e generale, facendo notare la molteplicità delle soluzioni; ma bisogna pur riconoscere che hanno potuto giungere più agevolmente a questa visione globale solo perchè non sono vincolati come gli astronomi e i fisici ai dati numerici dedotti, con maggiore o minore precisione, dalle osservazioni dirette.

Il problema quindi - almeno sin'oggi - non è dal punto di vista matematico univocamente risolvibile; infatti i metodi seguiti dagli astronomi e dai fisici cercano d'individuare soluzioni particolari che meglio s'accordano con i dati reali osservati, però per giungere a queste soluzioni si son dovute fare alcune ipotesi fisiche semplificative. In altre parole, il problema delle perturbazioni orbitali dei corpi celesti artificiali non può risolversi completamente solo per via matematica: questa via da qualunque parte venga affrontata (geometria degli iperspazi, problema degli n-corpi, quadrature, ecc.) conduce a parecchie soluzioni possibili e - come per ogni problema pratico - si può individuare la più probabile soluzione solo con l'ausilio di considerazioni puramente fisiche.

Noi vogliamo ora esaminare la questione dal punto di vista dei matematici, cercando però di dare alla pura teoria una base pratica che possa permetterne la utilizzazione numerica. Per questo scopo ricorriamo all'analisi indeterminata di 1° grado, più che sufficiente per l'impostazione dei problemi astronomici; ciò vuol dire che cercheremo prima soluzioni in numeri interi relativi, poi in polinomi ed infine in forme algebriche, cioè in ipersuperfici. Per quanto riguarda il problema detto precedentemente, bisogna notare che le soluzioni in numeri interi relativi possono essere considerate come un processo di prima approssimazione, infatti tutti i dati dedotti dall'osservazione hanno - in special modo per gli asteroidi artificiali - una precisione tale da poterli benissimo considerare come soluzioni in numeri interi relativi di equazioni che hanno per coefficienti numeri interi relativi. Il principio resta ancora valido dal punto di vista numerico quando si passa alla determinazione degli elementi orbitali (istantanei), dove - come nel caso dell'eccentricità dell'orbita - è necessario l'uso di decimali, infatti basta moltiplicare tutti i termini dell'equazione considerata per potenze di 10, per ricondursi al caso generale dell'Analisi indeterminata di 1° grado.

Siccome questa teoria matematica può essere applicata come ausilio di calcolo anche in altri campi dell'Astronomia (come per es. nel movi-

mento individuale delle singole stelle entro un sistema, oppure nei campi di forza galattici), noi la discuteremo qui dal punto di vista più generale.

I primi studi sull'analisi indeterminata di 1° grado risalgono a Diofanto, matematico greco vissuto in Alessandria intorno al 250 dopo Cristo e considerato come il fondatore della Teoria dei numeri.

Incominciamo a considerare l'espressione più generale di un'equazione di primo grado ad n incognite:

$$(1) \qquad \sum_{i=1}^{n} a_i \, x_i = c$$

dove - come si è detto - i coefficienti a_i e il termine noto c sono dei numeri interi relativi costanti, cioè indipendenti dalle incognite x_i. Ci proponiamo di trovare prima la condizione per la quale la (1) ammette soluzioni secondo numeri interi relativi, e poi, se queste soluzioni esistono, di determinarle tutte.

La nozione matematica di modulo individuato da due o più numeri, ci permette di trovare immediatamente sia la condizione affinchè queste soluzioni esistano, sia una delle soluzioni dell'equazione (1). Infatti dicesi modulo m individuato da quanti si vogliano numeri interi relativi a_i (in numero finito), la totalità dei numeri interi relativi del tipo:

$$\sum_{i=1}^{n} \lambda_i \, a_i = m$$

dove λ_i sono numeri interi relativi scelti comunque. Sappiamo anche che il massimo comune divisore dei numeri relativi qualsiasi a_i, appartiene al loro modulo, quindi se i numeri a_i sono primi fra di loro, si avrà:

$$(2) \qquad \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \, a_i = 1$$

Da quanto precede possiamo dunque dedurre che la condizione necessaria e sufficiente affinchè l'equazione (1) ammetta soluzioni secondo numeri interi relativi è che il massimo comune divisore dei coefficienti a_i divida il termine noto c. La condizione è necessaria: infatti se esistono n numeri interi relativi x_i che soddisfano la predetta equazione, ogni fattore comune ai coefficienti a_i dividerà separatamente il prodotto $a_i x_i$ e quindi dividerà la loro somma che è c. La dimostrazione che la condizione è sufficiente ci permette di determinare anche i valori numerici di una soluzione x_i dell'equazione suddetta. Infatti supponiamo che il massimo comune divisore dei numeri a_i divida anche

il termine noto c. Se dividiamo primo e secondo membro dell'equazione (1) per questo massimo comune divisore, otteniamo una nuova equazione di primo grado a coefficienti interi e primi fra di loro, che continueremo ancora ad indicare con a_i. Questi coefficienti soddisferanno quindi una identità del tipo (2). Se moltiplichiamo per c primo e secondo membro di questa identità; avremo:

$$\sum_{i=1}^{n} a_i \lambda_i c = c$$

da cui $x_i = \lambda_i c$. Bisogna notare che la ricerca del massimo comune divisore dei coefficienti a_i, ci permette di determinare i valori numerici di λ_i. Infatti dalla definizione di modulo si deduce che il resto di una divisione ($r \neq 0$) appartiene al modulo individuato dal dividendo e dal divisore tramite il quoziente; ora determinando il massimo comune divisore col metodo delle divisioni successive, esso coinciderà con il resto di una delle suddette divisioni e quindi apparterrà al modulo individuato dai numeri a_i. D'altronde quanto si è detto non è altro che il teorema fondamentale del massimo comune divisore. Quindi la determinazione dei valori numerici λ_i è un'operazione elementare ed essendo c il termine noto, la prima soluzione (comprendente la ennupla di numeri interi relativi x_i) è immediatamente determinabile.

Ma se la data equazione (1) ammette una soluzione in numeri interi relativi, essa ne ammetterà infinite. Infatti consideriamo una matrice emisimmetrica, i cui elementi siano numeri interi relativi arbitrari p, cioè per qualunque scelta degli indici i, k, si avrà $p_{ik} = - p_{ki}$, $p_{ii} = 0$. Supponiamo ora che l'ennupla di numeri interi relativi x_i sia la prima soluzione dell'equazione (1), individuata col metodo già detto; allora i numeri interi relativi x'_i legati alla soluzione x_i dalle relazioni:

$$\begin{aligned} x'_1 &= x_1 + a_1 p_{11} + a_2 p_{12} + \ldots + a_n p_{1n} \\ x'_2 &= x_2 + a_1 p_{21} + a_2 p_{22} + \ldots + a_n p_{2n} \\ &\vdots \\ x'_n &= x_n + a_1 p_{n1} + a_2 p_{n2} + \ldots + a_n p_{nn} \end{aligned} \tag{3}$$

saranno ancora soluzioni dell'equazione (1). Ciò si può facilmente verificare moltiplicando le (3) rispettivamente per i coefficienti a_i e poi sommando membro a membro le relazioni ottenute. Infatti, appartenendo i numeri p_{ik} ad una matrice emisimmetrica, le somme del tipo $a_i a_k p_{ik} + a_k a_i p_{ki}$ saranno nulle, essendo $p_{ik} = - p_{ki}$, e così pure i termini $a^2_i \; p_{ii}$, essendo $p_{ii} = 0$. Quindi si avrà:

$$\sum_{i=1}^{n} a_i \; x'_i = c$$

E. Betti, matematico maestro del Bianchi e molto noto per i suoi studi sulle funzioni ellittiche, sulle forze newtoniane e sulla topologia, dimostrò che tutte le soluzioni intere dell'equazione (1) sono date dalle formule (3). Il procedimento dal punto di vista matematico

porta - anche con la restrizione di soluzioni in numeri interi relativi - quindi ad una indeterminazione, - come del resto era facilmente prevedibile - , ma esso, accoppiato a considerazioni fisiche, permette spesse volte di condurre un metodo d'indagine notevole. Per esempio vogliamo far notare come nel caso dell'equazione a due incognite questo procedimento permette di compiere un'analisi accurata (adoperando l'artificio numerico detto prima, cioè la moltiplicazione per potenze di 10) dell'importo di ciascun errore - strumentale e di osservazione - sulla risoluzione del problema più elementare dell'Astronomia, cioè la determinazione dell'ora. Dal punto di vista generale un'equazione a due incognite può risolversi, sotto le condizioni dette precedentemente, col teorema d'Eulero ricorrendo alle congruenze di primo grado, tramite l'indicatore di Gauss, oppure col metodo delle frazioni continue di Lagrange (che poi non differisce che per forma dal metodo del modulo da noi adoperato), ma nel nostro esempio particolare conviene utilizzare il metodo dei tentativi di R. Calapso. Questo metodo - utilissimo nelle applicazioni pratiche - consiste nel sostituire alla x dei valori interi consecutivi, insistendo in questi tentativi fino a quando non si trovi per y (nel nostro caso particolare per $y.10^3$) un valore intero. Dal punto di vista generale si vede che si troverà un siffatto valore dopo un numero di tentativi uguale al numero delle unità contenute nel coefficiente dell'incognita da trovare. Ma l'operazione si riduce notevolmente quando si conosce - come nel problema della determinazione dell'ora - l'intervallo nel quale si può supporre valida la variazione della x, allora se si vuole per esempio una soluzione in cui la x sia maggiore di un dato numero k, i tentativi si faranno da $x = k + 1$ in poi sino ad un valore h ben stabilito, cioè in pratica in un piccolo intervallo. Il problema inoltre può anche studiarsi per via grafica: tracciamo due assi cartesiani e conduciamo le parallele all'asse y per punti dell'asse x a coordinate intere comprese nell'intervallo (k, h) e similmente conduciamo le parallele all'asse x dall'asse y a coordinate pure intere. Il piano cartesiano verrà così quadrettato - cioè si può utilizzare una carta millimetrata - e i nodi saranno i punti del piano a coordinate intere. Rispetto agli assi x, y la nostra equazione a due incognite rappresenta una retta e dal punto di vista più generale si può asserire che se l'equazione ammette soluzioni in numeri interi basta vedere se la retta passi per i nodi del suddetto reticolato. Se si vogliono analizzare gli importi di due errori strumentali, basta considerare un'equazione a tre incognite e così via, potendo estendere per la risoluzione il metodo di Calapso, che permette di trattare subito il caso dell'equazione a quante si vogliono incognite.

Le considerazioni già svolte per il caso dei coefficienti a_i numeri interi relativi, si possono estendere, con le dovute modifiche nelle definizioni, quando nell'equazione (1) i coefficienti a_i e il termine noto c sono polinomi razionali interi in una variabile t e si vuole risolvere

la suddetta equazione assumendo per le incognite x_i polinomi razionali nella stessa variabile t. Infatti vale ancora la condizione necessaria e sufficiente affinchè la (1) sia risolvibile secondo polinomi in t, cioè che il massimo comune divisore (che in questo caso sarà una costante C, non nulla) dei polinomi a_i divida il polinomio c. Sempre con il teorema del modulo si può trovare la prima soluzione in polinomi razionali nella variabile t e si possono determinare tutte le altre soluzioni mediante le formule (3) del Betti, nelle quali le quantità p_{ik} sono ora polinomi in t, scelti in modo arbitrario, ma tali che la matrice da essi formata sia emisimmetrica.

Nel caso dei Satelliti artificiali, assumendo per la variabile t il tempo, questo procedimento serve moltissimo per poter eseguire i tentativi che permettono di stabilire le relazioni numeriche che legano le variazioni di un elemento dell'orbita alle variazioni degli altri elementi.

Se si vuole estendere questo metodo d'indagine allo studio delle perturbazioni sugli asteroidi artificiali, o in genere a corpi celesti sottoposti a diversi campi di forza, bisogna adattare i procedimenti esposti alle forme algebriche di più variabili. In questo caso il problema diviene molto più complesso sia dal punto di vista teorico che numerico: prima di poter infatti programmare il calcolo su un calcolatore conviene studiare attentamente l'equazione, o le equazioni stabilite, in modo da sapere se essa può ammettere soluzioni nell'iperspazio considerato.

Questo studio preliminare, necessario se si vogliono evitare sterili e inutilmente costosi tentativi di calcolo, può farsi mediante le seguenti considerazioni generali che poi si debbono adattare ai singoli vari casi che si presentano in pratica. Per seguire sempre lo stesso filo logico di procedimento usato sin qui, cercheremo quindi di estendere le questioni già trattate alla teoria delle forme algebriche di più variabili. Incominciamo a stabilire la definizione di modulo individuato da un dato numero di date forme algebriche. Per questa definizione ricorriamo agli studi, condotti nella seconda metà del secolo scorso e all'inizio del nostro, rispettivamente da L. Kronecker a Berlino e da D. Hilbert a Gottinga.

Consideriamo dunque h forme algebriche F_h, nelle variabili x_r, di ordini n_h rispettivamente; chiamasi modulo F da esse individuato, la totalità delle forme F rappresentabili come combinazioni lineari delle date forme, a coefficienti X_h forme nelle stesse variabili x_r; cioè:

$$F = \Sigma_h \; F_h \; X_h \tag{4}$$

Naturalmente affinchè il secondo membro della (4) sia una forma di ordine n, le forme X_h dovranno essere rispettivamente degli ordini $n-n_h$. Per ottenere allora le forme X_h (incognite) occorre e basta risolvere rispetto ad esse l'equazione indeterminata (4). Impostando il

ragionamento in questo modo si vede subito che dal punto di vista concettuale si tratta di operare sulla solita equazione indeterminata di primo grado a più incognite estesa al campo delle forme algebriche di più variabili. Ma non possiamo estendere qui il teorema del massimo comune divisore, quindi non è facile determinare sotto quali condizioni l'equazione (4) può risolversi. Conviene però ricorrere ad una rappresentazione geometrica iperspaziale, interpretando le variabili x_r come coordinate omogenee di un punto in uno spazio proiettivo S_r ad r dimensioni. In questa rappresentazione geometrica ogni forma F_i delle h considerate, nelle variabili x_r, dà luogo ad una ipersuperficie, rappresentata dall'equazione $F_i = 0$, ottenuta eguagliando a zero la data forma. L'ipersuperficie corrispondente è pertanto costituita dalla totalità dei punti di S_r le cui coordinate soddisfano all'equazione suddetta. Ora siccome le forme F_i considerate sono in numero di h, eguagliandole separatamente a zero si otterranno h equazioni, ognuna rappresentante una data ipersuperficie. Il sistema formato dalle h equazioni rappresenterà una data varietà algebrica, che sarà formata dalla totalità dei punti dello spazio S_r le cui coordinate soddisferanno contemporaneamente le h equazioni del tipo $F_h = 0$, cioè al sistema dato.

Una siffatta varietà algebrica però può essere costituita da più varietà di diverse dimensioni; allora bisogna ricorrere alla Teoria dell'eliminazione del Kronecker che ci permette, quando una varietà algebrica è formata con parti di diverse dimensioni, di ricavare per ciascuna di esse un sistema di equazioni algebriche che rappresenta isolatamente la parte in discorso. Si può individuare quindi tra tutte le varietà di diverse dimensioni costituenti la varietà data, quella avente dimensione (se esiste) che interessa il caso in istudio. Ma non basta: ammettiamo che esista una data varietà, può benissimo verificarsi - ed è questo il caso più comune in pratica - che la varietà algebrica trovata di data dimensione sia composta dalla riunione di due o più varietà di uguale dimensione: cioè essa, come si suol dire, sia una varietà riducibile composta da parti delle quali una sola basta per la nostra analisi.

Dopo aver trovato la varietà cercata, operando solo sulle forme F_h (coefficienti), si può vedere se l'equazione (4) è risolvibile, essendo condizione necessaria per la sua risolubilità secondo forme algebriche X_h che l'ipersuperficie F (termine noto) passi per la varietà definita dal sistema $F_h = 0$. Se poi la predetta varietà è proprio di dimensione (r - h) e sia priva di parti multiple (ciò comporta anzitutto che sia $h \leq r$), allora la condizione è pure sufficiente e l'equazione (4) ammetterà sicuramente soluzioni nel senso voluto.

Come si vede quest'analisi sulle forme algebriche considerate (coefficienti F_h e termine noto F) da compiere sull'equazione (4) prima di passare al calcolo, equivale concettualmente a provare, nel caso dell'equazione (1), se il massimo comune divisore dei coefficienti a_i dividesse il termine noto c.

Gli studi sulla teoria dei moduli sono stati condotti in Italia in modo magistrale da Eugenio Bertini (1846-1933): è fondamentale il suo libro « Geometria proiettiva degli iperspazi » (Messina 1923), dove nel Cap. 12° si trova esposta la suddetta teoria dei moduli delle forme algebriche.

Stabilita in tal modo la condizione necessaria e sufficiente affinchè l'equazione (4) ammetta soluzioni in forme algebriche di variabili x_r, si è in grado di calcolare contemporaneamente la prima soluzione X_h. Le altre possono trovarsi applicando il metodo di Betti, che anche qui continua a sussistere. Le suddette formule vanno al solito costruite mediante una matrice emisimmetrica ad elementi arbitrari P_{ik} forme nelle dette variabili x_r. Le considerazioni fisiche, insite nel problema, permettono poi, caso per caso, di stabilire la soluzione più probabile per la rappresentazione matematica del fenomeno analizzato.

Napoli, Osservatorio Astronomico di Capodimonte.

E. FICHERA

BIOLOGIC EFFECTS OF NON-IONIZING ELECTROMAGNETIC RADIATIONS

Over the past two decades thermogenic electromagnetic radiations, especially microwaves, have been revealed to have many biologic effects not known before. Some of these effects on the living organism are beneficial, some are pathogenic, and some are lethal, depending greatly on the electromagnetic frequency and on the magnitude of field energy. Some exposures appear to be permissible magnitudes and some are not. Radar and other microwaves present a potential hazard to humans.

The biologic effects of thermogenic electromagnetic waves have been studied extensively since 1946, and some research was done before that time. Thermogenic effects are not as well known to scientists or the public as the effects of ionizing radiations, but they are interesting. Their presence in outer space, and their increased production by man-made electronic devices, has stimulated greater interest over the past decade. It is conservative to say that the real environmental hazards of thermogenic waves in the next few years will be greater than other parts of the electromagnetic spectrum.

By definition, the thermogenic electromagnetic spectrum includes ultraviolet, visible light, and all known longer wavelengths than light in the spectrum. Actually, visible light and infra-red bands have been studied for many years, but little was known about the biologic effects of microwaves and the lower radio frequencies until recently. In some respects, the biologic effects of these latter bands are better understood today than those of ionizing radiations. In other respects, the effects of these electromagnetic bands have been baffling because there often seems to be resulting effects of the radiations that cannot be explained by heating alone of the living organisms. This discussion will concentrate more on the longer wavelength, radio frequencies, and on microwave frequencies that occupy the spectrum between these frequencies and infra-red.

Thermogenic waves have been shown to affect plants, seeds, small and large animals, and living cells and tissues. With some physical materials they act very much like visible light. They pass very readily through clear glass or plastic, and can be focused by these materials when they are shaped like a lens, but the focus is less sharp because the thermogenic wavelengths are larger. However, thermogenic microwaves pass readily through clear mineral oil, but not so readily through clear vegetable or animal oils, these latter being heated

by the passage of the electromagnetic waves. Visibly transparent clear gelatin also is heated by microwave irradiation.

Both light and microwaves are reflected by a smooth metal surface, but microwaves are reflected by a wire mesh whereas most of the light waves pass through. With microwaves, a metal plate or metal mesh may act as a secondary antenna and create a second radiation from that surface. So if a human or other animal has a metal implant within the body, microwave radiation may create a higher temperature than anticipated in the area around the metal implant.

All known wavelengths of microwaves, radar, and radio frequencies penetrate human or other animal bodies in an exponential manner, with each wavelength having a different exponential penetration gradient. If the body were homogenous, the depth of half-loss penetration would be 7 per cent of the wavelength. This has been shown with relatively homogenous excised organs and tissues, such as liver or clotted blood. For example, the half-loss of 10 centimeter wavelength microwaves is 7 millimeters depth. Because the loss is converted to heat and temperature rise, measurements of temperature change is the common method for such studies and conclusions.

The living animal, however, presents special problems to the biologist or biophysicist. Circulating blood tends to dissipate the rising temperature at a particular site being irradiated, by convection. This circulatory action decreases the temperature at the point of irradiation, but increases the temperature of unexposed parts of the body. Also, the bones of the skeleton act as semi-reflectors of such radiation. Bones, therefore, create special heating distribution in the body.

That microwave heating of the body was dissipated by blood circulation and that this tissue heating increased the rate of blood flow in the area was an early finding, because it has been shown previously the longer wave lengths such as 8 meters and 16 meters heated tissues and increased the rate of blood flow. The latter were known as diathermy, and used in physical medicine to improve blood flow. However, the major discovery was that microwaves such as 12.25 centimeters wavelength were more effective to increase blood circulation than classic diathermy. These shorter wavelengths microwaves readily double or triple the rate of circulation through an area of the body. Though Infra-red still is used to increase subcutaneous blood circulation, this is created by tissue conduction rather than electromagnetic penetration, since the half-loss penetration of Infra-red is a fraction of a millimeter. In contrast, the half-loss penetration of 2450 Megahertz (12.25 cm) microwaves is about 8.4 millimeters depth. Because an eighth remains to act at 33.6 millimeters of this wavelength are very effective. In brief, they increase blood circulation through muscles as well as subcutaneous areas.

It was logical to suspect that microwaves, or radar which is pulsed

microwaves, might be pathogenic to the nonvascular interior of the eye. They were found to be damaging in a lawful mathematical manner, depending on the wavelength, with excessive irradiations. Excessive 12.25 centimeter microwaves create a lenticular opacity at the posterior segment of the lens. Eight centimeter microwaves create a lenticular opacity in the anterior segment of the lens, and 3 centimeter waves make a corneal opacity. An explanation for such ocular pathology would be obvious if the opacities occurred immediately with irradiation. It would be simple heating. However, with excessive exposures just above threshold, the opacities are formed from 2 days to 6 months after microwave exposure. In addition to heating, it was found that ocular glutathione was depleted by the exposures, and that lenticular opacities were more readily formed with less energy in a rabbit having diabetes mellitus.

Microwaves destroy sperm in the testes. Infra-red destroys sperm in the testes, also, but in comparison Infra-red requires more energy and more temperature rise in the testes, and the destruction is nearer the exposed surface of the testes. Both findings follow the rule of the exponential penetration gradient on living tissues, except for the difference in induced temperature.

Some of the more interesting discoveries about microwaves are the unique effects on molecules of the body *in vivo* and *in vitro*. For example, Quabain and digitoxin are common drugs given to cardiac patients to increase the stroke volume of the heart and to increase effective cardiac output. The drugs do the same with rats. Microwave exposures of less than 80 milliwatts per cm_2 field strength reverse the action of these drugs in rats to decrease the stroke volume and cardiac output. The exact molecular change is not known, but it is obviously suggestive that a human cardiac patient using these drugs should not have excessive exposure to microwaves or radar.

Another molecule, heparin, when exposed to microwaves before injection acts over 10 times as strong as an anticoagulant of blood than ordinary heparin, or heparin heated by means other than microwaves. A solution of the protein albumin is coagulated at a lower temperature than by ordinary heating.

Above the strictly molecular level, tiny microscopic size lipids tend to orientate themselves into a pearl-chain formation during microwave irradiation, and there is a change in the arrangement of chromosomes of garlic root by these electromagnetic waves. Also, when chicken eggs are raised to incubation temperature by microwaves, there is a significant number of embryonic malformations. However, with fruit flies there is no evidence of malformation of offspring, whether the larvae or parent flies are irradiated. Just as interesting is the fact that exposures of low magnitude fields on parent fruit flies increase the number of offspring that result after mating. Fields of high magni-

tude or long duration decrease the number of offspring from normal, and still higher radiation magnitudes are lethal to the parent flies.

One of the curious effects of microwaves is on numerous vegetable seeds. When these seeds are exposed to less than 100 milliwatts per cm^2 for as little as 20 minutes, the seeds germinate faster than controls, and the plants grow taller with sturdier stalks over a given period of time. And, of course, the plants that are irradiated have a heavier weight per plant. Microwave exposure of the growing plants themselves does not increase the rate of growth.

It is apparent at this point in the discussion of microwaves and other thermogenic electromagnetic waves, that some effects of exposure are beneficial and some are pathogenic in nature. Also, there can be dual effects depending on the magnitude of electromagnetic wave exposure. An example of the latter is when a normal animal is exposed to microwaves of low intensity, the blood coagulation time is prolonged, but if the exposure is of higher intensity, the blood coagulation time is shorter than normal. A very excessive acute exposure of high field density is lethal to small animals such as the rat and rabbit in 10 to 20 seconds. The heart and respiration stops, and the blood is coagulated within the blood vessels.

The physiologic changes that lead to the death of small animals by thermogenic electromagnetic radiations have been studied in detail. It is difficult to observe and measure in the short period of 10 to 20 seconds, but a period of 10 to 20 minutes is more practical, using less radiation intensity.

When rats have a lethal exposure time of 12 minutes, the temperature of the body begins to rise in the first few minutes and continues to rise up to the terminal 12 minute period. During the first 6 minutes there is respiratory dyspnea, and respiratory failure within 9 to 10 minutes, followed by cardiac failure at the end of 12 minutes. From 9 to 12 minutes the temperature in the midbrain is 40.5 to 41 degrees Centigrade, although the remainder of the body may be this temperature or higher. During these last 3 minutes there is progressive cardiac and vascular failure. In brief, respiratory failure occurs before cardiac failure due to irradiations in the microwave region of the spectrum.

Post mortem examination of the irradiated rats reveals small hemorrhages in the brain, heart, lungs, liver, and often in the kidneys and skeletal muscles. With sublethal radiation dosage these hemorrhages can be seen in the same organs, if the animals are sacrificed soon after exposure. The same sublethal dosage reveals scar tissue in the organs if the animals are sacrificed a month or more after exposure.

This leads to one of the most interesting findings. Rats that are given sublethal exposures 8 to 13 times using 12.25 centimeter microwaves of less than 90 milliwatts per cm^2 have a significantly less lifes-

pan than normal control rats. The lifespan is decreased 20% to 50% from the normal. These findings involve exposure periods of 10 to 15 minutes, and a day to a week between exposures of young rats. The exposed animals do not appear abnormal, except that over the first few months after exposure there is a wider variation in daily body temperature, and in later months there are signs of premature senility such as coarse hair, less agile muscule motility, and the like.

The knowledge of thermogenic electromagnetic radiations delineated here represents only a portion of what has been found during the past two decades, being selected for orderly sequence and more common interest.

Until very recently, men and other animals on this planet were subjected only to radiations of the sun after these radiations had been filtered by the upper atmosphere. These rays include visible light, ultraviolet, infra-red, and the cosmic rays. Now man has been able to go above the atmosphere to be exposed to other rays of the sun, and he has developed other electromagnetic radiations on the earth, both ionizing and thermogenic.

Each second our sun destroys 657 million tons of solar hydrogen to produce and emit about 3.8×10^{26} average continuous watts of energy. In the proton cycle of the sun, protons hit protons to form deuterium, neutrinos, and positrons. The positrons hit electrons to form gamma rays. Gamma rays moving out from the center of our sun to the surface shift electrons in their orbits and move ionized matter so as to create secondary emissions of the entire electromagnetic spectrum, including the multiple thermogenic radiations.

Microwave generators of the type used in present-day radar and television transmitters, and the much more powerful generators envisioned in the near future, generate several types of radiation which offer potential hazards to the life or health of personnel. These radiations include not only the microwaves themselves, but also x-rays and small amounts of ultraviolet radiation. The biological hazards offered by the latter types of radiation are well known and well appreciated. Protection against these dangerous radiations is essentially a matter of good engineering in the design. The nature and extent of the possible hazard offered by microwaves established, but less well. Because employed, it is essential to realize that a health hazard exists, and what the nature and magnitude of any such hazard may be.

The exact differentiation between so-called UHF, or ultra high frequency radio-waves, and microwaves is a matter of definition and usage. According to current usage, microwaves are those ranging from 1 mm. to 300 cm. in wave length. Various wave bands used in radar, in long-distance telephones and in TV signal relays are included in the microwave group. However, the bands of interest with respect to physiological hazards are those lying between 300 cm.

and 1 cm. wave length. Since all electromagnetic waves have a velocity of 3×10^{10} cm. per second, these wave lengths correspond to frequencies of 100 to 30, 000 megacycles per second (Mc/sec) respectively. While the 100 Mc. waves are not microwaves according to present electronic usage, they should be considered together with microwaves, with respect to physiological hazards.

There are problems in establishing effective dosage. Even after we measure the radiation to which a subject has been exposed, the problem is not fully solved. Not every subject is affected by thermogenic radiation in the same manner. Frequency of the radiation is an important factor, as previously described. At some frequencies, people with thick layers of subcutaneous fat absorbed radiation readily, while at other frequencies tha fat area is a partial insulator. Ultra-high frequencies pass partly through the body and this loss varies with the frequency.

With microwaves the problem involves still more difficulty. A small fraction of the microwave energy is reflected at the surface, depending on different body surfaces, energy polarization, and conditions of the area between the generator and the subject. Microwave energy is readily absorbed through the skin and underlying tissues, but the circulation of blood alters the theoretical and real temperature rise within the body.

Although the dielectric properties of body tissues are well known and have been measured with considerable accuracy, we cannot predict with precision the effects of thermogenic radiation on an individual without a knowledge of his mass, surface area, and silhouette, as well as a knowledge of the specific radiation used. When one deals with nonthermal, or « athermal » effects, the problem has even greater complexity. At the present time we do not even know the long term effects of these on the human.

Though we have become sophisticated in the radio and electronic fields, accurate and reliable radiation dosimetry will concern scientists for some years to come, especially in the wavelength range of 3 meters down to a fraction of a millimeter. The hazardous conditions are complex on the ground, and become more complex in travel in outer space where high power levels for communication will be added to the power background emitted from the sun. Accurate and reliable miniature personal dosimeters should be the solution for outer space and on the ground.

The requirements for a small personal microwave or radar dosimeter are rather rigorous. It should be relatively untuned so as to pick up a wide band of frequencies, except in special cases where the environment has only one microwave frequency. It should be nondirectional and respond to pulsed or continuous waves in most cases. It should measure the real field energy in most situations, but some dosimetry

needs to respond to accumulated energy over a period of time in an additive manner. Also, it should be small enough to slip into a shirt or jacket pocket, and have an auditory sound and visual meter readout at the same time.

At this time no dosimeter has been developed that meets all of these specifications, but many useable dosimeters have been developed that meet many or most of the requirements.

There is some disagreement among scientists of various nations ragarding the permissible dosage and the safe dosage for thermogenic microwave frequencies. There is wide agreement, however, that a field of 10 milliwatts per cm^2 is permissible for very short human exposure, and that 1 milliwatt per cm^2 is permissible for exposures up to 8 hours, based on our present knowledge. The word permissible does not really mean safe, and most disagreement is concerned with a level of safety. A safety level has been and will be difficult to establish. It is easier to prove a damage. Also, even the visible light from the sun is a permissible level, but it is not a level of complete safety. In brief, even sunlight can damage the human body.

Carbondale, Southern Illinois University.

A. W. Richardson

THE BIOLOGICAL SIGNIFICANCE OF ELECTRO-AEROSOLS

Unipolar electric charges on aerosol particles result in better homogeneity and stability of the aerosol and in better penetration and deposition characteristics in the respiratory tract. In addition there are certain biological effects, some of them with apparent therapeutic potential. An explanation of the differences between air ions and electro-aerosols follows a discussion of technical and other problems in electro-aerosology. The review which is based on 110 references concludes with the recommendation to include measurements of electric conditions of the atmosphere in the definition of weather and to further investigate the therapeutic potential of electro-aerosols.

INTRODUCTION. — Observations of a cause-effect relationship between climate or weather and the well being of man can be traced back to the early medical literature. Detrimental effects of certain seasonal weather conditions such as the Föhn in the Alps, the Sirocco and Chamsin in the Mediterranean area, the Santanna in Southern California, and the Chinook in the Rocky Mountains, on behavior and health are well known to the population of these areas. Apparent beneficial effects of the climate of certain locales led to the development of spas and « Luftkurorte » which enjoy considerable popularity in Europe. The professional literature abounds with reports on the effects of meteorological factors on various physiological functions and a comparatively new branch of science, biometeorology, is devoted to the investigation of these phenomena.

Weather is customarily defined by the three conventional parameters of temperature, barometric pressure, and relative humidity. With a few exceptions of only historic importance electric conditions of the atmosphere as an environmental factor were not recognized until the beginning of this century. At that time the so-called air ions began to stimulate the interest of several investigators. Subsequent work provided evidence that these air ions exert certain biological effects which suggested their therapeutic application in clinical medicine. The work of Dessauer [1] in Germany and Tchijevsky [2] in the U.S.S.R. heralded this new, although relatively little known era in inhalation therapy.

Air ions are electric charges which soon after their generation attach themselves to submicroscopic particles always copiously suspended in the air (so-called clean country air contains an average of appr. 4000 particles/ml of air; in industrialized cities the count may soar to several million particles/ml) or they may adhere to unstable

gas clusters. Close to ground, atmospheric ions are generated primarily by radioactive substances in the soil. Their decay results in the emission of ionizing radiation. In the upper atmosphere cosmic radiation is mainly responsible for the production of air ions. Air ion concentrations in the atmosphere vary typically between 500 and 2000 or more ions/ml with a ratio of approximately 5 : 4 in favor of the positively charged ions. However, these values may vary considerably with time and locale as well as with environmental factors such as relative humidity, precipitation, number of contaminant particles, etc. A typical air ion carries between 1 and 6 electronic charges [3, 4] (1 electronic charge $\sim 1.6 \times 10^{-19}$ coulomb). A variety of devices for the generation of air ions in densities of several thousand up to several hundred thousand unipolar ions-ml has been described [5-8]. Generally one differentiates between small, intermediate, and large or Langevin ions according to their mobility in a defined electric field (Table 1).

TABLE 1

Designation	*Diameter in μ*	*Mean Mobility in cm/sec in Field of 1 v/cm*
Large ions	0.03 - 0.10	0.005
Intermediate ions	0.003 - 0.03	0.5
Small ions	0.001 - 0.003	1.0

Once the therapeutic potential of air ions had become apparent, a combination of the physiological effects of air ions with the well known beneficial effects of conventional aerosols suggested itself. This development led to the evolution of electro-aerosol therapy (E.A.T.) [9-13].

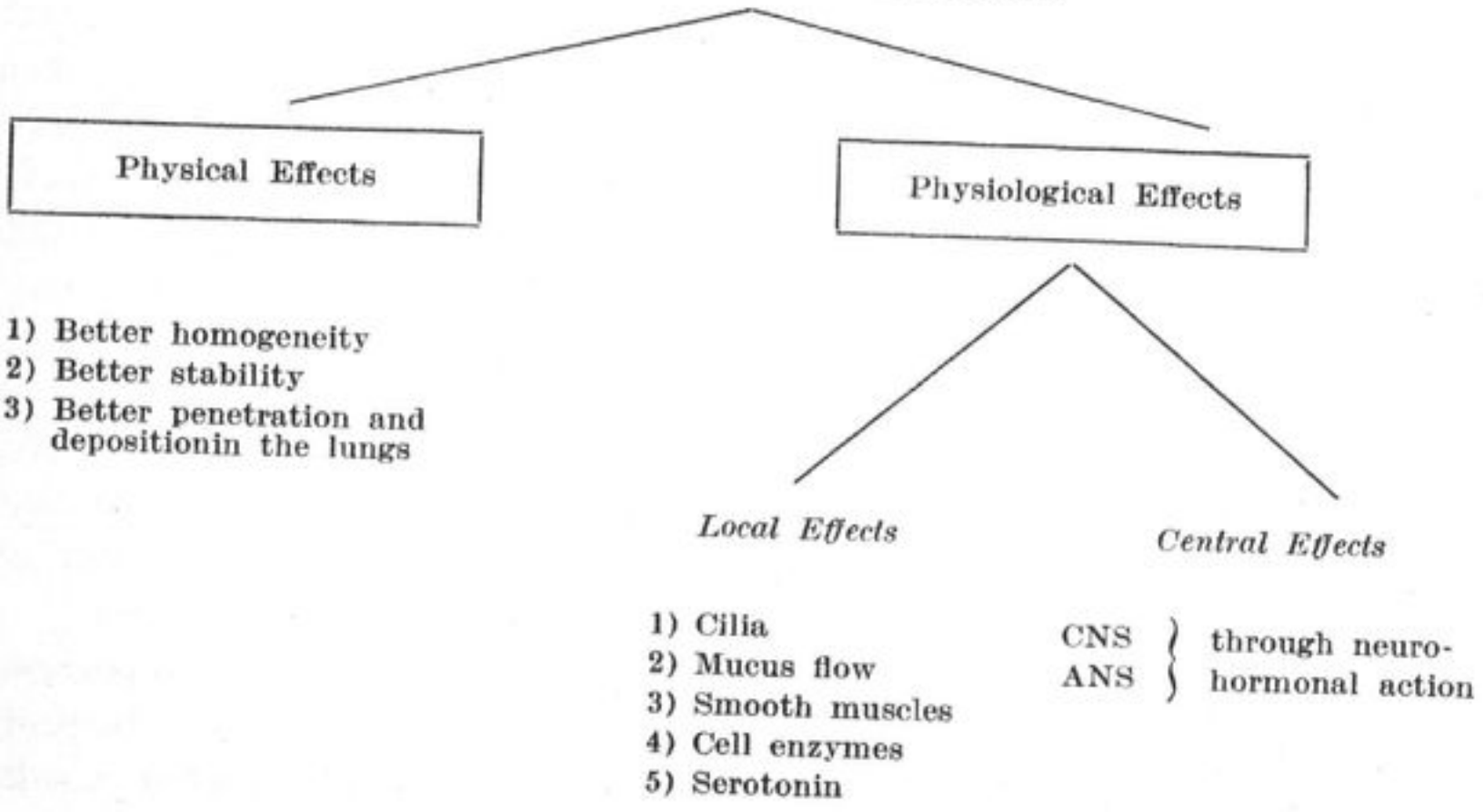
I will now briefly discuss the main characteristics of electro-aerosols, the scientific basis for their medical application, and their role as a therapeutic modality.

PHYSICAL AND BIOLOGICAL EFFECTS OF UNIPOLAR ELECTRIC CHARGES ON AEROSOLS. — When the droplets of an aerosol acquire a unipolar electric charge, they display certain physical characteristics and biological effects which are summarized in Table 2.

The repelling effect of like electric charges reduces the number of collisions among droplets. Collisions often result in coalescence and formation of larger droplets. Larger droplets settle faster than smaller ones. Different sedimentation rates result in more collisions which in turn lead to more and even larger droplets, and so on. Evaporation also contributes to the inhomogeneity of aerosols. Smaller droplets evaporate faster than larger ones not only because of their larger relative surface area but also due to increased vapor pressure which is inversely proportional to the radius of the droplet [14]. This evaporation may saturate the atmosphere around the larger droplets and cause condensation on the latter. Electric charges decrease the vapor pressure of the droplets and thus impede their evaporation. From the aforementioned it becomes apparent that electro-aerosols are more homogeneous and more stable than comparable uncharged aerosols.

TABLE 2

EFFECTS OF ELECTRO-AEROSOLS



Other important physical characteristics of electro-aerosols are their better penetration into and deposition in the respiratory tract (15-18) which suggest their use as a superior vehicle for medication to be administered per inhalationem.

Physical considerations alone would thus justify a preference of electro-aerosols over uncharged aerosols. However, of much greater significance for the biologist, physiologist, and physician are the biological effects of the electric charges.

The brilliant work of Krueger and his collaborators at the Uni-

versity of California in Berkeley has greatly contributed to the elucidation of the biological action of air ions. A review of his findings would excede the scope of this paper and has been given elsewhere [10]. A brief summary may suffice here. For details I refer to the literature [19-36].

Krueger and his coworkers found a statistically significant and reproducible stimulation of ciliary activity in the trachea of rabbits, mice, guinea pigs, rats, primates, and man exposed to negative air ions. Cilia are millions of hair-like protrusions which line the respiratory tract. They beat at a certain rate and in a certain rhythm resulting in a wave-like action which very effectively removes particles from the respiratory tract in an escalatorlike fashion. Positive air ions decreased or stopped ciliary action, desiccated the tracheal mucosa, decreased or brought to a standstill the flow of mucus, rendered the tracheal surface extremely vulnerable to mechanical trauma, and caused spasms of the smooth muscles of the trachea. Negative ions had opposite effects and counteracted the action of positive air ionization. Further work of Krueger showed that negative ions accelerate the re-oxidation of reduced cytochrome C, an important cell enzyme, and the catabolism of 5-hydroxytryptamine or serotonin. Serotonin is a body chemical with numerous local and central physiological effects. Among other things it is released in inflamed tissue, causes pain in dilutions of up to $1\text{-}10^{-8}$ g/ml, and appears to be involved in allergic reactions. Stimulation of cilia and mucus flow, liquefaction of viscid bronchial secretions by watery mucus, and relaxation of tracheobronchial spasms as reported by Krueger result in improved bronchial hygiene. A significant and sometimes dramatic clearing of the lungs is indeed one of the most consistent and impressive results with E.A.T. in respiratory diseases. Krueger's work has thus provided significant additional scientific documentation and quantitative data for a therapy whose efficacy has been known to the practitioner for many years. The effect of air ions on the 5-hydroxytryptamine metabolism may provide a clue for the mode of action of E.A.T. in allergic conditions and that of air ions in burned patients. More recent work of Krueger demonstrated a reproducible and statistically significant stimulation of the growth of cultivated oat seedlings (*Avena sativa*) and barley seedlings (*Hordeum vulgare*) through interaction of the air ions with cytochromes and other cell enzymes. Kotaka, under Krueger, described the effect of air ions on the growth of silkworms (*Bombyx mori*).

A number of other researchers reported equally interesting effects of air ions or electro-aerosols on various biological functions.

Worden, for instance, observed a decrease to 5 per cent of the norm in the incidence of mold spores in the atmosphere under negative ionization [37]. Proliferation times of cell cultures were also affected

[38-39]. The CO_2 capacity of plasma and the pH of hamster blood increase when exposed to negative ions [40, 41].

Fürst found that air ions inhibit the growth of Neurospora [42].

Corroborating earlier German results with electro-aerosols [43], Sokoloff observed an inhibiting effect of air ions on the development of spontaneous and inoculated tumors [44, 45].

Rinfret and Wexler described the effect of air ions on pituitary and adrenal glands of the rat [46, 47]. Succinoxidase activity in the adrenal glands of rats decreased under positive ionization according to Nielsen and Harper [48]. Holloway found effects on growth and weight and on the cholesterol and ascorbic acid levels in the adrenal glands of the rat [49]. Rats exposed to ionized air also demonstrated increased physical activity as reported by Herrington and Smith [50] and by Stanley [51]. Pratt and Barnard observed decreased production of penicillin when *Penicillium notatum* was exposed to air ions [52].

The effect of air ions on psyche, behavior, and reaction time of man was described independently by several investigators [53-55].

Duffee at the Battelle Memorial Institute in Columbus, Ohio, found an increased learning and performance ability in rats exposed to ionized air [56]. The effect was more pronounced in older rats then in younger ones.

Von Wasielewski and coworkers employing electro-aerosols at the Gutenberg University in Mainz, West-Germany, report reversible morphological changes in the cell nuclei of the fasciculate zone of the adrenal cortex. As mode of action the authors suggest a central effect on the hypophysis. Negatively charged electro-aerosols have the same effect on these nuclei as prostigmin; the changes provoked by positive electro-aerosols are identical with an epinephrine effect [57]. It is interesting to note in this connection that the fasciculate zone produces the glucocorticoids, hormones, which regulate the metabolism of carbohydrates, proteins, and fat. Independent of the findings of von Wasielewski's group, Frey suggested a stimulating effect of negative ions on the glucocorticoids and either a stimulation of the mineralocorticoids or a suppression of the glucocorticoids by positive air ions [58].

Bisa demonstrated a statistically significant and reproducible effect of electro-aerosols on the flicker-fusion frequency [59].

Other investigators report effects of air ions or electro-aerosols on blood pressure [60-70], blood picture [69, 71-75] sedimentation rate [72, 76], and metabolism [64, 69, 77, 78].

PROBLEMS IN ELECTROAEROSOLOGY. — The preceding review does not intend to be complete, but it may serve to show the interesting

potential of this field. A critical review should not fail to point out, though, that the scientific standards of some reports particularly in the older literature are open to criticism. In other instances investigators reported to be unable to duplicate some of the published results. This has tempted more than one casual observer to conclude that biological effects of atmospheric electric charges are unproven at best. However, a closer examination of the complexity of the factors involved shows that unanimity of results can hardly be expected. Aerosols are rather temperamental systems. Each individual particle is exposed to a multitude of forces which affect the behavior of the aerosol. To be sure, individual processes and their effects can be defined with great accuracy in a mathematical model based on certain assumptions. The trouble is that in reality so many intangibles act on the aerosol, changing it continuously and unpredictably. Method of preparation, degree of inhomogeneity, particle size and density, aerosol density, air currents, electric charges on the particles, electric fields in the atmosphere, temperature, relative humidity, physical and chemical properties of the gaseous and dispersed phase are some of the factors in question [14, 79-91]. This means that two aerosols even when generated and maintained under seemingly equal conditions are never identical. Each aerosol has its own individual character which changes constantly. Exact reproducibility is therefore a rather elusive goal. This problem is compounded by another host of intangibles which has vexed investigators studying penetration, deposition, and translocation of inhaled substances and their effects in experimental animals and in man. Last but not least, electroaerosology as a young and evolving field of science is characterized by lack of standardization of generating and measuring equipment. This fact by itself makes it sometimes difficult to correlate results of different investigators using different methods, criteria, and equipment. Additional difficulties are introduced by the fact that the action of air ions often defies definition. On some physiological systems, positive and negative air ions have opposite effects, on others they act synergistically, or only positive or only negative ions are effective. This is understandably confusing but the fact that one cannot explain certain phenomena does not make them non-existent.

The foregoing discussion intends to contribute to a better understanding of the inherent problems in electroaerosology and to see the reported findings in the proper perspective. In summary it can be said that there are more scientifically sound reports in the literature than most critics are aware of.

Air Ions and Electro-Aerosols. — The terms electro-aerosol and air ions have been repeatedly used and may need some clarification.

Aerosols are liquid or solid particles, usually of less than 20 μ in diameter, which are dispersed in a gas or gas mixture. Air ions are thus electro-aerosols by definition. However, conventional usage tends to reserve the word electro-aerosol for systems characterized by charged micro-droplets whereas the term air-ions refers to systems described in the introduction. The biologically effective agent in both systems is the same, namely the electric charge. However, significant differences in size and physicochemical properties account for different behavior and therapeutic efficacy of the two systems.

Only small and intermediate ions are biologically effective. Their concentration is inversely proportional to the ambient relative humidity and number of contaminant particles in the air which cause them to change into ineffective large or Langevin ions. Krueger had to take intricate precautions to demonstrate any effects of air ions. He conducted his tests in specially designed, closed, small ion cages with carefully cleaned and standardized air [31]. These ideal conditions cannot be achieved in a clinic. Electro-aerosols do not have these handicaps.

Electro-aerosol droplets have diameters ranging from 0.5 to 5 μ which is optimal for penetration and deposition in the lung. The diameter of small air ions varies from 0.001 to 0.003 μ. Having very little mass and weight they are very susceptible to even the slightest air current (air conditioning and heating systems, draft, convection currents, etc.) and environmental electric fields. Electro-aerosol droplets are huge as compared with air ions. In the Küster-Barthel system, they are propelled toward their target with an air pressure of about 45 p.s.i. (3 atm.) which gives them an additional directional stability. They are therefore much less susceptible to environmental interference.

The aqueous droplets of the electro-aerosols appear to be a more advantageous vehicle for the electric charge than the solid submicroscopic particles of air ions. This statement is based on the fact that the inhalation of aerosols per se - that is, without electric charge - is a widely used, efficacious therapy. Electro-aerosol therapy thus combines two therapeutically active agents, the electric charge and the aerosol proper. In addition, the choice of an appropriate liquid phase (water, hypotonic, isotonic, or hypertonic saline solutions for non-specific therapy, medicated solutions for specific therapy such as in tuberculosis) facilitates a therapeutic flexibility not afforded by air ions.

An air ion carries between 1 and 6 electronic charges. A typical electro-aerosol droplet may carry well over 1000 electronic charges. Electro-aerosols therefore generate considerably higher space charge potentials than air ions [92, 93]. This results in a significantly higher

« dose » of electric charges at the site of their impingement on the mucous membrane.

These and possibly other factors may explain the greater magnitude and longer duration of the physiological effects of electro-aerosols as compared with air ions [13, 59, 68, 94].

Application of Electro-Aerosols and Air Ions in Clinical Medicine. — Effects on ciliary activity, tracheobronchial spasm and mucus secretion, action on hormone levels and enzymes, on blood pressure and composition, and on other physiological functions clearly have medical implications. It is therefore not surprising to find a number of reports describing clinical results with the inhalation of artificially generated air ions or electrically charged aerosols in various respiratory and other conditions. A survey shows that E.A.T. alone, exclusive of aeroionotherapy, has been administered to an estimated one million patients in 15 countries since its inception some 30 years ago. A review of this field and a technical description of electro-aerosol systems is beyond the scope of this paper and can be found elsewhere [9, 10]. Some general comments must suffice here.

E.A.T. has a local effect on the respiratory tract which makes it a useful supportive therapy or even the therapy of choice in various respiratory disorders such as bronchial asthma, various forms of bronchitis, upper respiratory infections, pneumoconioses, emphysema, infections and allergic conditions of the nasal and paranasal areas, bronchiectasis, mucoviscidosis, and others. The most impressive findings are an often dramatic clearing of the lungs even in severe and therapy resistant cases, significant clinical and subjective improvement of the majority of the patients and the relatively long duration of the therapeutic effect, generally in the order of six months. Thews, medical director of the Hannover Hannibal mine in Bochum, Germany, writes in his contribution to Lange's book « Bekämpfung der Silikose » that he « considers himself fortunate to have with E.A.T. a therapy available which allows a decisive and successful treatment particularly of the symptomatic conditions associated with pneumoconiosis » [95]. Repeatedly (1952, 1955, 1963, 1965) I had the opportunity to visit and inspect a number of the larger electro-aerosol centers in Germany and to discuss E.A.T. with their medical directors representing an experience with several hundred thousand treatments. Their comments were unanimously positive. Niemöller, medical director of DEGUSSA in Frankfurt, for instance, considers E.A.T. as the therapy of choice in pneumoconioses [96] and as a valuable adjuvant in other conditions [75].

There is considerable clinical and some experimental evidence that E.A.T. not only exerts a local effect on the respiratory tract

but that it also affects the central nervous and the autonomic system which regulates by neurohormonal action the numerous involuntary functions of the body, such as blood pressure, peristalsis of the intestines, perspiration, etc. [10, 57, 59, 68, 70, 97, 98]. The indication for E.A.T. goes therefore, at least in Europe, beyond respiratory conditions and includes various manifestations of autonomic malfunctions, the « vegetative Dystonien » of the Germans. In at least two institutes, E.A.T. is routinely used as supportive therapy in pulmonary tuberculosis [69, 99]. Scientists at the Charles University in Prague, Czechoslovakia, developed a new technique by charging the patient negatively during inspiration and positively during expiration [100]. They claim increased penetration and deposition of the electro-aerosol in the lung.

Encouraged by the literature and by my personal observations I introduced E.A.T. to the United States by establishing in cooperation with local physicians several E.A.T. Centers in and around Dallas, Texas. The first center commenced operation in November 1961. All centers used electro-aerosol systems of the Küster-Barthel type. Between then and June 1967, close to 1000 patients had received approximately 10,000 treatments, generally with encouraging results [12, 13, 101, 102]. Our findings are in good agreement with the reports of our European colleagues. Tables 3 and 4 give representative stat-

TABLE 3

Statistics from the Electro-Aerosol Therapy Center in Plano, Texas, for 1964.

Treatments rendered		2,930	
Number of patients treated		214	
Patients not evaluated:			
a. Experimental cases	10		
b. Treatments broken off	*29*		
Number of evaluated patients		39	
		175	(100%)
Results			
Excellent		53	(30.3%)
Good		74	(42.3%)
Satisfactory to Fair		35	(20.0%)
Questionable or no results		13	(7.4%)

The evaluation was based on clinical findings and statements from the patients covering a period of three months after conclusion of the treatments. For details, see reference 13.

istics for the year 1964. In chronic cases we usually administer a series of 20 treatments of 45 minutes each, using a 1,2% NaCl solution as liquid phase. Acute cases are treated until the symptoms subside, generally requiring 3 to 5 tratments. Figure 1 shows an inhalation room of the E.A.T. Center in Plano, Texas. For a more detailed description of our treatment procedures, evaluation of patients and technical data I have to refer to the literature [10, 13].

TABLE 4

*Cases Treated at the Electro-Aerosol Therapy Center in Plano in 1964**

Bronchial asthma	80
Bronchitis	
Asthmatic bronchitis	10
Chronic, semiacute and recurrent bronchitis	16
Acute bronchitis	4
Tracheobronchitis	1
Pulmonary emphysema	23
Bronchiectasis	5
Empyema	3
Atelectasis	1
Laryngitis	2
Pharyngitis	1
Persistent non-productive cough	15
URI	16
Nasal conditions**	73
Cystic fibrosis	2
	252

* Cases referred with two or more diagnoses are listed accordingly, explaining the difference between 252 cases and 214 patients treated. No attempt was made at the Electro-Aerosol Therapy Center to further define or classify a patient's diagnosis with the exception of « nasal conditions ». Diagnoses are listed as given upon referral, explaining overlapping categories as well as deviations from standard clinical nomenclature.

** The category « nasal conditions » comprises referrals with chronic or acute rhinitis and/or sinusitis of allergic and-or infectious origin, « chronic nasal congestion », « sinus headaches » and « post nasal drip ».

The pioneering work of Kornblueh and his group in Philadelphia with air ion therapy deserves special mention here [94, 103, 104]. Whereas electro-aerosols appear to be considerably more efficacious

in respiratory disorders and allergic conditions, air ions have found a unique application in the treatment of burned patients and postoperative discomfort [105, 109].

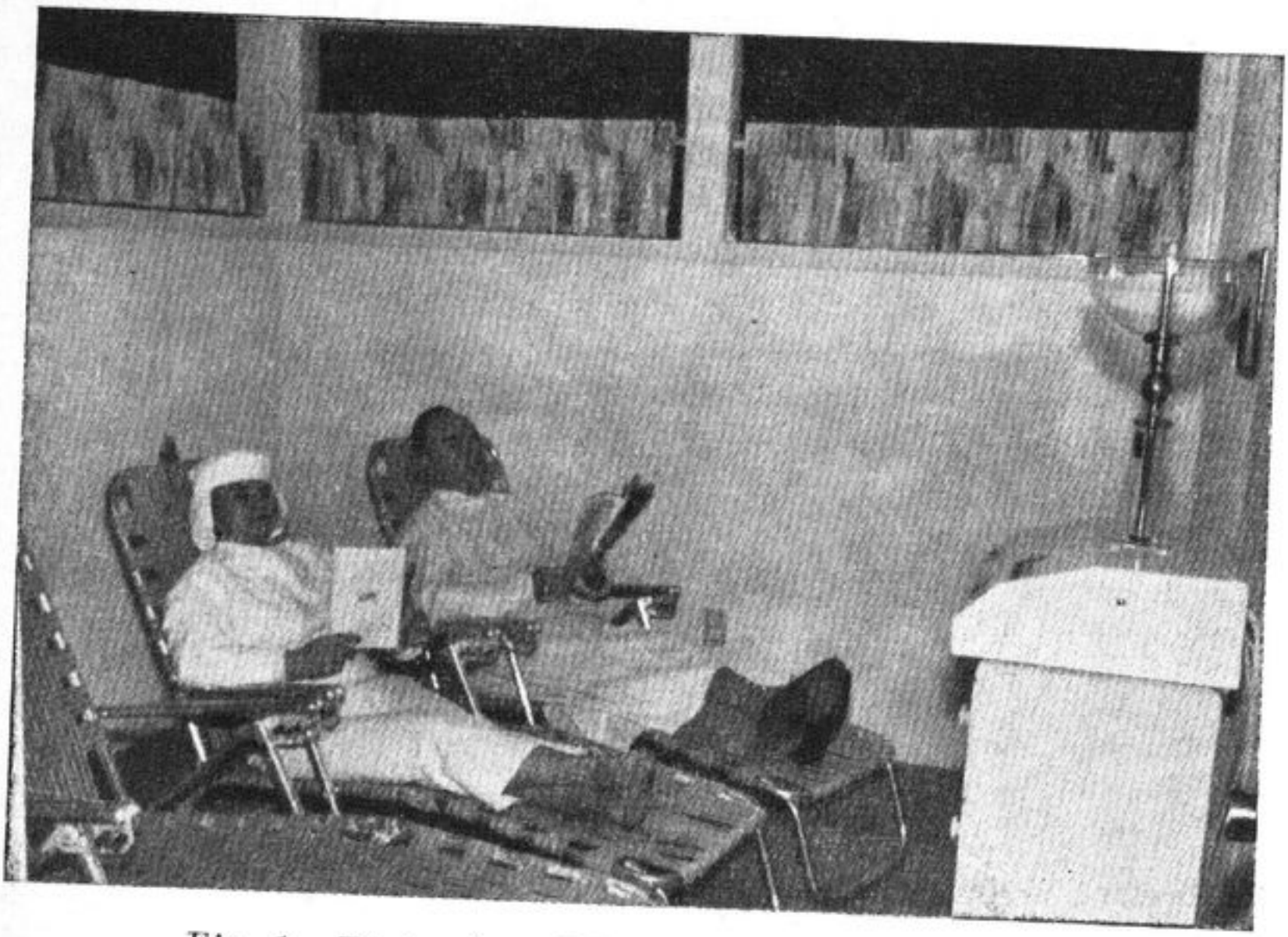


Fig. 1 - Electro-Aerosol Therapy Center, Plano, Texas
Inhalation room with Küster-Barthel type electro-aerosol generator (Manufacturer: Sigma Systems Corporation, Dallas, Texas) and two patients in recommended position
Chambre d'inhalation avec générateur d'électro-aérosol du type Küster-Barthel (Fabricant: Sigma Systems Corporation, Dallas, Texas) et deux malades dans la position recommandée

CONCLUSION. — The rationale for biological effects of electric charges appears logical. More recent advances in cytology and molecular biology have elucidated the role of bioelectric potentials in the metabolism and physiology of the cell. It stands to reason that changes in the electric environment of the cell - be this in the form of air ions, electro-aerosols, or electric fields - may have certain repercussions on these functions.

During the last 40 years well over a thousand reports from research laboratories, universities, clinics, and physicians in various parts of the world have described biological effects of atmospheric electricity in the form of natural or artificially generated air ions, electro-aerosols, or electric fields. In view of these findings it is surprising that in this day and age weather is still defined by the traditional parameters temperature, barometric pressure, and relative humidity under complete disregard of the electric conditions of the atmosphere. Robinson and Dirnfeld in Israel, for instance, found a significant change of the

number and ratio of air ions 10 hours before the other parameters indicated the approach of meteorological fronts [110]. This suggests that air ions may provide valuable supportive information for more accurate and more extended weather forecasting. I therefore propose studies to investigate correlations between number and ratio of air ions, atmospheric electric fields, and the other meteorological parameters. Furthermore, data on atmospheric electricity should be routinely included in weather reports.

Consistent favorable clinical experience in hundreds of thousands of cases and increasing scientific evidence recommend E.A.T. as a well documented, extensively tested, safe, and efficacious aid in the rehabilitation particularly of respiratory patients. Statistics from the Department of Health, Education, and Welfare show that there are more than 10 million enphysematous patients in the United States. More than 1 million employees are collecting social security benefits totaling almost $68 million monthly because of total disability due to pulmonary emphysema. In addition, there are an estimated 3 to 5 percent of the total population (5 1/2 to 10 million people) suffering from bronchial asthma of sufficient severity to cause partial to total disability. The number of patients with chronically severe bronchitis cannot be estimated. Conservatively speaking there are well over 20 million individuals in the United States suffering from chronic lung diseases of various degrees. These staggering figures represent not only a tragic amount of human suffering but also a significant burden to the national economy. Air pollution, once considered a professional hazard restricted to miners and other workers chronically exposed to dust, has become a national problem. The potential of E.A.T. in these areas offers a challenge and opportunity to the research scientist and to the clinician which, it seems, we can ill afford to ignore.

Plano, University of Plano, Department of Science.

A. P. WEHNER

LITERATURE

[1] DESSAUER F. - *Zehn Jahre Forschung auf dem physikalisch medizinischen Grenzgebiet.* G. Thieme Verlag, Leipzig, 1931.

[2] TCHIJEVSKY A. L. - *Aeroionization in the national economy.* Gosplomizdat, Moscow, 1960. (Review in Russian with 879 references).

[3] LOEB L. B. - *Fundamental processes of electrical discharge in gas.* J. Wiley & Sons, Inc., New York, N.Y. 1939.

[4] KINGDON K. H. - *Possible biological effects of electrically charged particles in tobacco smoke.* Nature, 189, 180 (1961).

[5] KNOLL M. et al. - *Properties, measurements, and bioclimatic action of small multimolecular atmospheric ions. Advances in Electronics and Electron Physics. 19,* 177-254 (1964). (Review with 377 references).

[6] MARTIN T. L. - *Ion generator using radioactive material.* U.S. Patent # 2785312, March 12, 1957.

[7] MARTIN T. L. - *Apparatus for generating ions in the atmosphere.* U.S. Patent # 2850641, Sept. 2, 1958.

[8] HICKS W. W. - U.S. Patents # 2.579.399; # 2.589.613; # 2.594.777; # 2.640.158.
[9] WEHNER A. P. - *Electro-Aerosol Therapy.* Am. J. Phys. Med. *41*, No. 1, 24-40 (Feb. 1962); *ibid*: # 2, 68-86 (April 1962). (Review with 130 references).
[10] WEHNER A. P. - *Die Entwicklung der Electroaerosologie in den USA.* Zschr. biol. Aerosol Forsch., *13*, 1-38 (1966).
[11] WEHNER A. P. - *Technical and clinical aspects of electroaerosols in inhalation therapy.* Proc. San Diego Symp. Biomed. Engineering, La Jolla, Calif. 1963.
[12] WEHNER A. P. - *Preliminary results with electro-aerosol therapy in respiratory diseases.* Proc. Third Internat. Biometeor. Congress, Sept. 1-7, 1963, Pau, France. Pergamon Press, Oxford.
[13] WEHNER A. P. - *Weitere Erfahrungen mit der Elektroaerosol-Inhalationstherapie bei Erkrankungen des Atmungssystems.* Zschr. Biol. Aerosol Forsch. (in print).
[14] NÜCKEL H. - *Aerosol-Therapie.* K. F. Schattauer Verlag, Stuttgart, 1957.
[15] MÜLLER P. - *Inhalationsversuche mit ionisierten Substanzen.* Dissertation, Köln, 1937.
[16] ENGELS A. and LIESE E. - *Rauminhalationsuntersuchungen mit P^{32} etikettiertem Wiesbadener Kochbrunnen beim Menschen.* Arch. Phys. Therap., *6*, 4 (1954).
[17] ENGELS A. and SCHULZ K. H. - *Rauminhalationsuntersuchungen mit natürlichen und zusätzlich unipolar aufgeladenen Aerosolen unter Verwendung von Radiojodid 131.* Urban & Schwarzenberg, München-Berlin, Band 99, Heft 4 (1956).
[18] WILSON I. B. - *The deposition of charged particles in tubes with reference to the retention of therapeutic aerosols in the human lung.* J. Colloid Sc., *2*, 271 (1947).
[19] KRUEGER A. P. et al. - *The action of air ions on bacteria.* J. Gen. Physiol. *41*, No. 2, 359-381 (1957).
[20] KRUEGER A. P. et al. - *Effects of unipolar air ions on microorganisms and on evaporation.* J. Franklin Inst. *266*, No. 1, 9-19 (July 1958).
[21] KRUEGER A. P. and SMITH R. F. - *Effects of air ions on isolated rabbit trachea.* Proc. Soc. Exper. Biol. and Med. *96*, 807-809 (December 1957).
[22] KRUEGER A. P. and SMITH R. F. - J. Gen. Physiol. *42*, No. 5, 959-969 (1958).
[23] KRUEGER A. P. and SMITH R. F. - *The effects of air ions on the living mammalian trachea.* J. Gen. Physiol. *42*, No. 1, 69-82 (September 1958).
[24] KRUEGER A. P. et al. - *Effects of air ions on trachea of primates.* Proc. Soc. Exper. Biol. and Med. *101*, 506-507 (1959).
[25] KRUEGER A. P. and SMITH R. F. - *Effects of gaseous ions on tracheal ciliary rate.* Proc. Soc. Exper. Biol. and Med. *98*, 412-414 (June 1958).
[26] KRUEGER A. P. et al. - *Further studies on gaseous ion action on trachea.* Proc. Soc. Exper. Biol. and Med. *102*, 355-357 (November 1959).
[27] KRUEGER A. P. and SMITH R. F. - *An enzymatic basis for the acceleration of ciliary activity by negative air ions.* Nature *183*, 1332-1333 (May 9, 1959).
[28] KRUEGER A. P. and SMITH R. F. - *The biological mechanisms of air ion action. I: 5-Hydroxytryptamine as the endogenous mediator of positive air ion effects on the mammalian trachea.* J. Gen Physiol. *43*, 533-540 (January 1960).
[29] KRUEGER A. P. and SMITH R. F. - *The biological mechanisms of air ion avtion. II: Negative air ion effects on the concentration and metabolism of 5-hydroxytryptamine in the mammalian respiratory tract.* J. Gen. Physiol. *44*, No. 2, 269-276 (November 1960).
[30] KRUEGER A. P. et al. - *Studies on the effects of gaseous ions on plant growth.* J. Gen. Physiol. *45*, 879-895 (1962).
[31] KRUEGER A. P. et al. - *The construction and operation of an air purification unit for use in studies on the biological effects of gaseous ions.* J. Gen. Physiol. *45*, 897-904 (1962).
[32] KRUEGER A. P. et al. - *A study of the mechanism of air-ion-induced growth stimulation in Hordeum vulgaris.* Int. J. Biometeor. *7*, No. 1, 17-25 (1963).
[33] KRUEGER A. P. et al. - *A study of the mechanism of air-ion-enhanced iron chlorosis.* Int. J. Biometeor. *8*, No. 1, 5-16 (1964).
[34] KRUEGER A. P. et al. - *The effect of air containing O_2-, O_2+, CO_2- and CO_2+ on the growth of seedlings of Hordeum vulgaris.* Int. J. Biometeor. *8*, No. 1, 17-25 (1964).
[35] KRUEGER A. P. et al. - *The effects of inhaling non-ionized or positively ionized air containing 2-4% CO_2 on the blood levels of 5-hydroxytryptamine in mice.* Internat. J. Biometeor. *10*, No. 1, 17-28 (1966).
[36] KRUEGER A. P. et al. - *Air ion effects on the growth of the silkworm.* Internat. J. Biometeor. *10*, No. 1, 29-38 (1966).
[37] *cit*: MARTIN T. L. - *Climate control through ionization.* J. Franklin Inst. *254*, 267-280 (1952).
[38] WORDEN J. L. and THOMPSON J. R. - *Air ion concentration and the growth of cells in vitro.* Anat. Record *124*, No. 2, 500 (Feb. 1956).
[39] WORDEN J. L. - *Proliferation of mammalian cells in ion-controlled environments.* J. Nat. Cancer. Inst. *26*, No. 4, 801-811 (April 1961).
[40] WORDEN J. L. - *The effect of air ion concentration and polarity on the CO_2 capacity of mammalian blood plasma.* Fed. Proc. *13*, Abst. 557 (1954).
[41] WORDEN J. L. - *The effect of unipolar ionized air on the relative weights of selected organs of the golden hamster.* Science Studies *15*, 71-82 (1953).
[42] FÜRST R. - *Studies on ionization effects.* Annual Report, University of Texas, Anderson Hosp. and Tumor Inst., Houston, Texas (1955).

[43] KÜSTER E. and DITTMAR C. - *Experimentelle Untersuchungen über therapeutische Beeinflussung von Impf-und Spontantumoren durch Behandlung der Versuchstiere mit unipolar negativ hochionisierter Luft.* Zschr. Krebsforschg. *50*, 457-464 (1940).

[44] SOKOLOFF B. et al. - *The effect of negative ionization on transplanted tumors.* Cancer Research *2*, 4 (April 1951).

[45] SOKOLOFF B. - *Cancer, New Approaches, New Hope.* Devin-Adair Co., New York 1952.

[46] RINFRET A. P. and WEXLER B. C. - *Report to Wesix Research Foundation.* San Francisco 1953.

[47] RINFRET A. P. - *Effect of ionized air and tobacco smoke on the adrenal lipid content in rats.* Stanford Med. Bull. Vol. II, No. 2, 125 (1953).

[48] NIELSEN C. B. and HARPER H. A. - *Effect of air ions on succinoxidase activity of the rat adrenal gland.* Proc. Soc. Exper. Biol. and Med. *86*, No. IV, 753-756 (1954).

[49] HOLLOWAY R. J. - *The physiological effects of ionized air upon growth and on the adrenal system of the normal rat.* Dissertation, University of San Francisco (1952).

[50] HERRINGTON L. P. and SMITH K. L. - *The effect of high concentration of light negative atmospheric ions and the growth and activity of the albino rat.* J. Indust. Hyg. *17*, 283-288 (1935).

[51] STANLEY C. L. - *Report to Wesix Research Foundation.* San Francisco (May 1952).

[52] PRATT R. and BARNARD R. W. - *Some effects of ionized air on Penicillium natatum.* J. Am. Pharm. Assn. Scient. Edition, *49*, No. 10, 643-646 (Oct. 1960).

[53] MCGURK F. C. J. - *Psychological effects of artificially produced air ions.* Am. J. Phys. Med. *38*, 136-137 (1959).

[54] FREY A. H. and GRANDA R. E. - *Human reactions to air ions.* Proc. Internat. Conference on Air Ionization, Vol 2, Sect. XXI (1961).

[55] RHEINSTEIN J. - *Statistical evaluation of the influence of atmospheric ions on the simple reaction time and on the optical moment.* Proc. Internat. Conference on Air Ionization, Vol. 2, Sect. XIX (1961).

[56] DUFFEE R. A. and KOONTZ R. H. - *Behavioral effects of ionized air on rats.* Psychophysiology, *1*, No. 4, 347-359 (1965).

[57] v. WASIELEWSKI E. et al. - *Die biologische Bedeutung der Elektroaerosole unter besonderer Berücksichtigung des HVL-NNR-Systems.* Zschr. Aerosol Forsch., *4*, No. 1, 18 (1955).

[58] FREY A. H. - *A rational framework for interpreting the behavioral effects of atmospheric ions.* IRE Transact. Biomed. Electronics, *8*, No. 1, 13-16 (Jan. 1961).

[59] BISA K. - *Die Reagibilität des menschlichen Organismus auf unipolar aufgeladene Aerosole, dargestellt am Verhalten der Flimmer-Verschmelzungsfrequenz.* Zschr. Aerosol Forschg., *3*, 39 (1954).

[60] YAGLOU C. P. et al. - *Observations on a group of subjects before, during and after exposure to ionized air.* J. Indust. Hyg. *15*, 8 (1933).

[61] EDSTROM G. - *Studies in natural and artificial atmospheric electric ions.* Acta Med. Scand., Suppl. 61 (1935).

[62] WILHELMI A. and E. - *Therapeutische Erfahrungen mit unipolar ionisierter Luft.* Fortschr. Therap., *9*, 528 (1933).

[63] TCHIJEVSKY A. L. - *Traitement des hyperiensions sanguines de différente origine à l'aéroionisation de polarité négative.* Acta Med. Scand., *99*, 117 (1939).

[64] KIMURA S. et al. - *Influence of the air lacking light ions and the effect of its artificial ionization upon human beings in occupied rooms.* Jap. J. Med. Sc., Part VII, *3*, 1 (1939).

[65] SIENHOLZ H. - *Über Inhalation mit unipolar ionisierter Luft.* Dissertation, Köln (1935).

[66] NOSKE E. - *Das Verhalten des normalen und krankhaft erhöhten Blutdrucks bei Einwirkung unipolar negativ ionisierter Luft.* Dissertation, Frankfurt a.M. (1943).

[67] HAPPEL P. - *Physiologische und klinische Anwendung unipolar beladener Luft.* In Dessauer, F. (1).

[68] BISA K. and WEIDEMANN J. - *Die Elektro-Aerosole.* Ztschr. Aerosol-Forsch., *3*, 220, (1955).

[69] KÖHLER E. - *Elektro-Aerosol-Behandlung bei Lungentuberkulose.* Beitr. Klin. Tuberk. *116*, 21 (1956).

[70] HIMSTEDT R. - *Über die Beinflussung des vegetativen Nervensystems durch die elektrische Aerosolbehandlung.* Arch. Phys. Ther., *3*, 198 (1953).

[71] LANDSMANN E. - *Über die Behandlung von Bronchialasthma mit Aeroionisation.* Wien. Klin. Ztschr. *48*, 1384 (1935).

[72] METTEN H. - *Veränderungen des Blutes nach Inhalation mit negativ ionisiertem Nebel.* Dissertation, Köln, 1935.

[73] STÜLB E. B. - *Die Einwirkung unipolar negativ ionisierter Luft auf den Komplementgehalt und Antikörperspiegel des Blutserums von Mensch und Tier.* Dissertation, Frankfurt a.M., (1941).

[74] PENDL E. - *Tierexperimentelle Untersuchungen über die Wirkung negativ ionisierter Luft auf die keimfeindliche Kraft des Blutes.* Balneologe, *10*, 72 (1943).

[75] NIEMÖLLER H. K. - *Zur Prophylaxe der Bleivergiftung.* Deutsche med. Ztschr., *82*, 18, 738 (1957).

[76] FERVERS C. - *Experimentelle Untersuchungen über psychophysische Beeinflussung durch ionisierte Luft.* Deutsche med. Ztschr. 1876 (1933).

[77] BESSERER J. - *Gasstoffwechsel bei Inhalation mit unipolar negativ ionisierter Luft.* Dissertation, Frankfurt a.M. (1941).

[78] KÜSTER E. and JANITZKY A. - *Versuche über Raumbelüftung.* Zschr. f. ges. phys. Therapie, *43*, 12 (1932).

[79] JUNGE C. - *Bemerkungen zu d. physikal. Grundlagen der Aerosol-therapie unter bes. Berücksichtigung v. Grössenverteilungsmessungen in Aerosolen aus d. Burgberg Inhalatorium des Badeärztl.* Vereins Bad Soden. Medizinische, 33-34, 1069 (1952).

[80] KOHLSCHÜTTER V. - *Ueber Aerosole,* Kolloid Zschr., *42*, 209 (1927).

[81] MÜLLER F. - *Die wissenschaftliche u. technische Bedeutung d. Aerosole.* Kolloid Ztschr. *90*, 1 (1940).

[82] WINKEL A. and JANDER G. - *Ueber Kondensationsaerosole am Beispiel kolloid verteilter Arsenikstäube.* Kolloid Ztschr. *65*, 290 (1933).

[83] WINKEL A. and JANDER G. - *Schwebstoffe in Gasen.* Enke Verlag, Stuttgart (1934).

[84] JANDER G. and WYGASCH E. - *Ueber das Verhalten durch Versprühen von Lösungen dargestellter Aerosole.* Kolloid Ztschr. *85*, 1 (1938).

[85] STUMPF K. E. and JANDER G. - *On the properties of aerocolloid systems, with regard to their dependence on the method of formation.* Tr. Faraday Soc., *32*, 1048 (1936).

[86] WHYTLAW-GRAY R. and PATTERSON H. S. - *Smoke.* Edward Arnold & Co., London (1932).

[87] WHYTLAW-GRAY R. - *Disperse systems in gases.* Tr. Faraday Soc., *32*, 1042 (1936.)

[88] CAWOOD W. - *The movement of dust or smoke particles in a temperature gradient.* Tr. Faraday Soc., *32*, 1068 (1936).

[89] LOTTERMOSER A. - *Einführung in die Kolloidchemie.* Theo Steinkopf, Dresden (1948).

[90] STUMPF K. E. - *Die Bestimmung d. Teilchenzahl aerokolloider Systeme mit d. Spaltultramikroskop u.d. Verlauf der Aggregation in Aerosolen.* Kolloid Ztschr., *86*, 339 (1939).

[91] JANDER G. and WINKEL A. - *Über Aerosole, in Sonderheit die des Eisenoxyds.* Kolloid Ztschr., *63*, 5 (1933).

[92] WEHNER A. P. - *Space charge potential measurements and air ion counts in an electro-aerosol clinic.* Am. J. Phys. Med. *42*, No. 4, 146-152 (Aug. 1963).

[93] WEHNER A. P. - *Unpublished data of space charge potential measurements in the E. A. T. Center, Plano, Texas, and the V. A. Hospital in McKinney, Texas.*

[94] KORNBLUEH I. H. et al. - *Relief from pollinosis in negatively ionized rooms.* Am. J. Phys. Med. *37*, No. 1, 18-27 (Feb. 1958).

[95] THEWS W. - *Erfahrungen mit der Elektroaerosoltherapie bei Bekämpfung der Silikose, Bd. II.* Verlag Glückauf, Essen (1956).

[96] NIEMÖLLER H. K. - *Personal discussions and communications.*

[97] SCHULZ K. H. - *Die Bedeutung der Luftionisation unter besonderer Berücksichtigung der Elektro-Aerosole und der direkten Aufladung des menschlichen Organismus.* Dissertation, Köln (1957).

[98] SCHULZ K. H. - *Die Bedeutung der Luftelektrizität, der Elektro-Aerosoltherapie, der direkten elektrostatischen Aufladungstherapie nach Takata und ihre biologische Wirkung auf das vegetative Nervensystem unter Berücksichtigung des Vegetonogramms.* Zbl. biol. Aerosol-Forsch., *12*, No 3, 207-212 (Feb. 1965); *ibid:* No. 5, 455-466 (Sept. 1965).

[99] *Personal discussions with physicians of the Ernst-Ludwig Heilstätte,* Odenwald, Germany (1963).

[100] SKLADAL J. - *Electroaerosolova hloubkova inhalace se zmenou potentialu tela v rytmu dychani.* PRACE CVUT, III, No. 1, part 7 (1963).

[101] ELLIS G. R. et al. - *Preliminary evaluation of electroaerosols in the treatment of pulmonary disorders.* Arch. Phys. Med. Rehab. 364 (July 1964).

[102] ELLIS G. R. - *Preliminary evaluation of electro-aerosols in the treatment of chronic bronchitis.* Arch. Phys. Med. Rehab., *46*, 767-771 (Nov. 1965).

[103] KORNBLUEH I. H. and GRIFFIN J. E. - *Artificial air ionization in physical medicine.* Am. J. Phys. Med. *34*, 618-621 (1955).

[104] SILVERMAN D. and KORNBLUEH I. H. - *Effect of artificial ionization of the air on the electro-encephalogram.* Am. J. Phys. Med. *36*, 352-358 (1957).

[105] DAVID T. A. et al. - *Observations on the effects of artificial ionization on the burned patient.* Vortrag a. d. 1. Internat. Bioklimat. Kongress Wien (Sept. 25, 1957).

[106] MINEHART J. R. et al. - *Artificial ionization and the burned patient.* Med. Science *3*, No. 6, 363-367 (March 25, 1958).

[107] DAVID T. A. et al. - *Polarized air as an adjunct in the treatment of burns.* Am. J. Phys. Med. *39*, No. 3, 111-113 (June 1960).

[108] MINEHART, J. R. et al. - *The effect of artificially ionized air on post-operative discomfort.* Am. J. Phys. Med. *40*, No. 2, 56-62 (April 1961).

[109] DAVID T. A. et al. - *Ionization of the air. The sedating effect of polarized air.* Biometeorology, Pergamon Press, Oxford (1962).

[110] ROBINSON N. and DIRNFELD F. S. - *The ionization state of the atmosphere as a function of the meteorological elements and of various sources of ions.* Internat. J. Biometeor., *VI*, No. 2, 101-110 (March 1963).

SAFE LEVELS OF RADIOACTIVITY IN AQUATIC ENVIRONMENTS

As nuclear energy supplies ever-expanding proportions of man's power requirements, the dose of background radiation to man from his environment will increase. The continuous disposal of radioactive wastes into aquatic environments should be evaluated on the basis of long-term population effects from chronic exposure to low-level radiation. In this article, we discuss the implications of radioactive waste disposal into aquatic environments, and consider those aspects of radiation physiology, radioecology and health physics used in developing standards for the adequate protection of aquatic ecosystems and man from excessive doses of radiation.

INTRODUCTION. — The rapidly expanding use of nuclear fission for power production and desalination has resulted in widespread introduction of radioactive materials into aquatic environments. Once radioactivity enters the environment, only physical decay can eliminate it. We are therefore faced with the problem of disposing of radioactive wastes in a manner that will not endanger the future use of our environment. In this paper we examine the techniques applied to the protection of aquatic environments from undue radioactive contamination which might adversely affect the availability of any food resource or subject man to unhealthful radiation doses.

Two general approaches have dominated the disposal of radioactive wastes. Highly radioactive materials usually are concentrated to a minimum volume, then packaged in a semi-permanent shielded container and stored in a place far removed from human activity. This is the principle behind storage of radioactive wastes in underground tanks, in thin cement grouting layers in deep rock strata, and in concrete packages at the bottom of the oceans (International Atomic Energy Agency 1965, National Committee on Radiation Protection 1954a, Struxness In Press). In this paper we focus on the second concept of waste disposal, in which low-level radioactive wastes are diluted and dispersed directly into the environment.

The primary source of environmental contamination to date has been fallout from atomic test explosions, but the relative contribution from this activity is expected to continue to diminish in the future. Instead, wastes will arise from increased use of radioisotopes in clinical and experimental research applications and, principally, from the use of nuclear reactors in power plants and ships, including submarines. During typical reactor operations, fission products are not released, but occasionally a fuel element may rupture and leak into the cooling

water. Additional radionuclides, however, are induced in the coolant water as it passes through the regions of high neutron-flux within the reactor, and this induced radioactivity is expelled intermittently from the reactor. This problem of disposal is especially urgent on a nuclear submarine where little space is reserved for storage of wastes. Another potential source of radioactivity in the environment is from the use of nuclear explosions for excavation, as in canal or harbor construction. Underlying any additions of artificial radionuclides to the environment must be the premise that life, including man, can safely tolerate a limited but sustained increase in radiation from the environment.

This premise undergoes continuous scrutiny from certain scientific bodies which were established for the express purpose of evaluating effects of radiation on biological systems, and especially on human beings. These scientific bodies include the International Commission on Radiological Protection (ICRP), sponsored under the International Society of Radiology; the U. S. National Committee on Radiation Protection and Measurements (NCRP); the Committees on the Biological Effects of Atomic Radiation, under auspices of the National Academy of Sciences—National Research Council; the United Nations' Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation; and the Federal (U.S.) Radiation Council (FRC), which was designed to provide governmental policy on human radiation exposure. Other nations also have governmental agencies with functions similar to those of the FRC. As suggested by this listing of national and international scientific bodies, the protection of human beings from overexposure to atomic radiation is of vital concern. The problems in determining what amount of radiation constitutes overexposure are manifold and imposing. The earlier committees, especially the ICRP and NCRP, were initially concerned with the protection of radiation workers, and have therefore recommended limits for occupational exposure to radiation, both from internal (NCRP 1959, ICRP 1960) and external sources. These recommendations were designed to protect an individual during his normal life-span from adverse effects of radiation.

With the advent of environmental contamination by wastes from the worldwide use of nuclear fission for power, our primary concern should perhaps shift from the radiological protection of individuals to protecting the genetic stability of the entire world population. Whereas an adult individual can tolerate safely 5 rems (r) per year (NCRP 1954b, 1959; ICRP 1960), it has been estimated that a dose of only 30-80 r, accumulated by the gonads, might double present mutation rates with uncertain consequences to the population (NAS-NRC 1956). For this reason, scientific committees on radiological protection have more recently re-evaluated in terms of genetic effects the premise that a sustained increase in environmental radiation is safe.

Let us now examine that premise and then consider the additional information required for establishing those « limits of safety » for radioactivity in our surroundings, especially as applied to aquatic environments.

HUMAN RADIATION TOLERANCE. — Although life began, and species evolved, in the presence of radiation—radiation from cosmic sources and from naturally occurring radioisotopes such as radium, carbon 14, and potassium 40—geneticists are almost unanimous in the view that any ionizing radiation is genetically undesirable. For example, Grosch (1965) states « Some natural radiation is unnecessary and may be potentially harmful. Included in this category are cosmic rays, body burdens of C^{14} and K^{40}, and the gamma radiation from earth, rock and the structural materials of our buildings ». The natural radioactivity from these sources obviously cannot easily be avoided and must be accepted as a normal hazard of living. The level of background radiation depends on altitude (elevation), latitude, and type of rock strata, and the dose may vary from 53 mr/year (to an individual on the open ocean at the equator) to 560 mr/year (at 55° N latitude, 20,000-foot elevation, on granitic strata) (Libby 1955, Kinsman 1958). A reasonable average dose is 140-150 mr/year. Since people have lived under similar circumstances of natural selection for several generations in areas differing by 150 mr, or more, per year in dose of natural radiation it is probable that an increase of 150 mr/year would constitute no threat to the genetic stability of human populations. We cannot say that an increased dose of 150 mr/year is the limit of safety, or even that it approaches that limit, but we can state with some confidence that an additional 150 mr/year would not be genetically critical. Such an increase would result in an additional 4.5 r accumulated dose to the gonads at age 30, the average parental age at the birth of any child in the U. S.; and 6.75 r at age 45, when reproduction more or less ceases. It is significant that the limits recommended elsewhere generally approximate this dose (Table 1).

TABLE 1

Recommended Limitations on Radiation Dose to General Population

Source of recommendation	Accumulated whole body dose at age 30 (rems)
ICRP (1959, 1960, 1966)	5[a]
NCRP (1954b, 1959)	14[b]
NAS-NRC (1956, 1960)	10[c]
FRC (1960)	5[a]

[a] Exclusive of background and medical exposure.
[b] From all sources, including background and medical dosages, averaged for 10^8 population.
[c] Exclusive of background, but including medical exposure.

We have considered in the foregoing discussion the levels of radiation which can be safely tolerated genetically by the general population. If only limited portions of a population are exposed, then greater doses can be withstood with no significant genetic effects to the whole population. Individual adults can tolerate much higher doses because the radiation-sensitive genetic material is no longer of prime consideration. The committees on radiation safety instead consider certain somatic effects, such as leukemia, or shortening of life-span, which might appear at some time following a latent period after exposure to radiation. The recommendations made by ICRP, NCRP, and FRC for maximum exposure of individuals working with radioactivity are identical: that occupational exposure will not exceed a whole body (or gonadal) dose of 3 rems during any period of 13 weeks, and that the accumulated dose at age N years shall not exceed 5 (N-18) rems, or in other words, 5 rems per year after age 18 (when occupational exposure might start). This limit of 5 rem/year is based upon exposure of whole body. Less sensitive portions of the body, especially if not significantly involved in blood formation, can tolerate still higher doses. For example, the dose permitted (NCRP 1959) for the hands, forearms, feet, and ankles is 75 rems/year. The ICRP (1960) also specified two alternate standards: a maximum dose of 1.5 rem/year for non-radiation workers who work near or occasionally visit controlled areas; and a maximum dose of 0.5 rems/year for the general public living in the neighborhood of a controlled area. These standards for different segments of the population are summarized in Table 2.

TABLE 2

Recommended Maximum Permissible Annual Doses of Radiation for People in Different Exposure Categories (ICRP 1959, 1960, 1966)

Group exposed	Maximum permissible dose per year (rems)[a]	Relative dose
General population	0.17	1
Communities in vicinity of controlled areas	0.5	3
Occasional visitors to controlled areas	1.5	9
Radiation workers	5.0	30

[a] All specified limits are for total whole body dose from both internal and external sources, exclusive of background and medical exposure.

STANDARDS APPLICABLE FOR GENERAL ENVIRONMENTAL CONTAMINATION. — The question now arises as to which set of standards should be applied to the control of waste disposal, and we might answer quickly that all should be used—each for its intended application.

This approach is certainly valid, now, while nuclear reactors are still relatively scarce, and significant doses may be encountered only in very limited areas in the immediate vicinity of nuclear operations. When a power company plans to build a nuclear power station near the Atlantic Coast in northeastern United States, it need not be concerned about the effects of its radioactive effluent on the genetic stability of the world population, or even of the population of northeastern United States. There would be no such effects at this time. It is likely, however, that the power company would already need to consider whether its anticipated effluent wastes will significantly affect food and water resources of communities living near the proposed reactor site. It requires little foresight, therefore, to become concerned about eventual levels of environmental radioactivity from the mushrooming expansion of peaceful uses of atomic energy.

If nuclear energy is used to supplement the rapidly decreasing supply of fossil fuel, and also to convert sea water to satisfy our increasing demands for fresh water, we can anticipate a gradual increase in environmental radioactivity during the next several centuries. This increase will become more pronounced as presently underdeveloped nations become more industrialized. As the use of nuclear power becomes more and more widespread, the concern must eventually be expressed for the general population. Since industrial pollution is more easily controlled during its initial phases, instead of after some unacceptable level has been established, it seems reasonable to think now in terms of future safe limits for the general population, even though exceeding those limits may present no immediate cause for concern.

CHARACTERISTICS OF AQUATIC ENVIRONMENTS THAT INFLUENCE WASTE DISPOSAL. — The role of water in the development of human culture and civilization has been almost as significant as its role in the evolution of life itself. Water not only provides the essential fluid medium in which all biochemical phenomena characteristic of life occur, but is an environmental resource so important that the volume of water in use by commercial and personal interests in the United States already approximates the total amount of water available from rainfall in the country (Anonymous 1966).

Human Use of Natural Waters. — Water is important to man primarily in two ways: a) Biological needs—we consume water as drinking water and also as an essential part of the food we eat—and b) industrial needs—here water serves mainly as coolant and diluent for carrying away excess heat and chemical wastes. As we shall see, biological and industrial needs for water conflict in many ways. The

biological need for water includes farming—both agriculture and aquiculture (or mariculture). The use of water in aquiculture is obvious; in agriculture, natural rainfall is supplemented by irrigation from reservoirs or from desalinization plants, and crop production may be increased also by the use of commercial fertilizers made from seaweeds or fish meals from a distant sea.

The biological resources from aquatic ecosystems, especially from our estuaries and oceans, may be used both indirectly (fertilizers and animal feed) and directly (fish, shellfish, algae) for human food. Another biological « use » of the aquatic ecosystem is as a medium for bacterial conversion of industrial and municipal wastes either to harmless materials or to useful resources. Other uses of water include transportation (people and freight) and recreation (swimming, boating, sport fishing). Industrial contamination must be restricted so that aquatic ecosystems can maintain the capacity to support these essential functions.

Radioisotopes, along with heat and certain chemical toxins, are among the contaminants not reconverted biologically. Once diluted in the environment, radioactivity is attenuated only by physical decay. It is, however, continually cycled within the ecosystem—through plants, animals, sediments, and water. Our continued use of the aquatic environment, which no doubt will be more intensive in the future, will therefore provide many avenues for the return of discarded radioactivity to man.

Modes of Exposure to Artificial Radioactivity. — Exposure of humans to radiation from disposed waste in the aquatic environment is from external and internal sources. External exposure arises direct from contact with contaminated water, as in wading or swimming, handling fishing gear, relaxing on sandy beaches sprayed or occasionally covered with water, ... The doses received from external exposure will probably be small compared with internal doses obtained from eating radioactive seafood and drinking radioactive water. Additional internal exposure will arise from food made radioactive from fertilizers or irrigation water. How can we restrict and regulate disposal of radioactive wastes to protect humans from excessive radiation doses from the above sources? How do we transform our standards for acceptable dose level into specific limitations on radioactive contaminants released in any particular situation? The basic technique has been to restrict the concentrations of total radioactivity and of individual known radioisotopes in the environment, and more especially, in drinking water (ICRP 1960, NCRP 1959). For any given radioisotope, the concentration in drinking water which, if consumed continuously at a rate of 2.2 liters of water per day, would result in the maximum permissible dose, is called the maximum permissible concentration (MPC).

The Concept of Maximum Permissible Concentrations. — The information and assumptions needed for the calculation of a maximum permissible concentration might be illustrated best by the step-by-step development of one such MPC for a specific radioisotope. For this purpose, we have selected zinc 65, a neutron-induced radioisotope which is present in worldwide fallout and reactor effluents, and which is metabolically active in most organisms. The information and terms used for the computation of an MPC for zinc 65 in human drinking water are presented in Table 3.

Maximum permissible concentrations in drinking water for occupational exposure have been calculated (ICRP 1960) mainly by assuming that radioactive material is taken into the critical organ at the rate of P μc/day and that the biological elimination from the critical organ follows a simple exponential law. Thus, the radioactive burden of the critical organ varies with time as follows:

$$\frac{d\ (qf_2)}{dt} = P - \lambda\ (qf_2)\ \mu\text{Ci-day} \qquad (1)$$

TABLE 3

Information used for Calculation of MPC for Zinc 65 *in Human Drinking Water*

Term		Definition	Value for zinc 65
E	[a]	Energy (Mev) absorbed by critical organ per disintegration	—
ε	[a]	Effective energy = ΣEF (RBE)n	0.32 Mev/disintegration
F	[a]	Ratio of disintegrations of daughter to disintegrations of parent	—
f_s		Fraction of q located in critical organ	1.0
f_w		Fraction of ingested radionuclide that reaches critical organ	0.1
λ		Effective decay constant = 0.693-T	0.00357
m		Mass of the critical organ (whole body)	70,000 g.
$(MPC)_w$		Maximum permissible concentration of radionuclide in drinking water	—
n	[a]	Relative damage factor for radionuclides in bone	—
P	[b]	Rate of uptake by critical body organ (μCi/day) = 2200 $(MPC)_w$ (f_w)	—
q	[c]	Maximum permissible body burden = 2.8×10^{-3} mR/f_s ε	60 μCi
R		Maximum permissible dose = 5/52 rems/week	0.098 rems-week
RBE		Relative biological effectiveness (1 for x, γ, β^-, β^+, e^- radiation)	1

T	Effective half-life = $T_r T_b / T_r + T_b$	194 days
T_b	Biological half-life	933 days
T_r	Physical radioactive half-life	245 days
t	Period of exposure = 50 years for occupational exposure	18,250 days

[a] The effective energy term (ΣEF (RBE) n) assumes different forms for different isotopes, because of differences in decay schemes and in metabolic behavior. For different kinds of radiation, i.e., γ, β^-, β^+, α, etc., E is computed differently (ICRP 1960). For γ radiation, E involves the maximum energy of the γ radiation (Mev), the fraction of the total disintegration giving rise to γ rays, the effective radius (cm) of the critical body organ, and a coefficient of absorption for the given photon energy. For zinc 65, the terms F and n are not considered because no radioactive daughter is present and zinc 65 does not principally endanger bone tissue.

[b] This calculation is based on the assumption that the average man consumes 2200 ml of water (as fluid plus foods) per day.

[c] $2.8 \times 10^{-3} = \dfrac{100 \text{ erg/g rad}}{(3.7 \times 10^4 \text{ dps}/\mu\text{Ci})\ (1.6 \times 10^{-6} \text{ ergs/Mev})\ (6.05 \times 10^5 \text{ sec/week})}$

If $qf_2 = 0$, then:

$$qf_2 = \frac{P\ (1\text{-}e^{-\lambda t})}{\lambda}\ \mu\text{Ci} \qquad (2)$$

Substitution of appropriate values of P and λ for zinc 65 (from Table 4) and rearrangement give:

$$(MPC)_w = \frac{3.16 \times 10^{-4}\ qf_2}{Tf_w\ (1\text{-}e^{-0.693\ t/T})}\ \mu\text{Ci/cm}^3 \qquad (3)$$

Substituting values for q, f_2, T, f_w, and t (also from Table 4) gives:

$$(MPC)_w = \frac{18.96 \times 10^{-3}}{19.4 - 19.4e^{-65.19}} \qquad (4)$$

or

$$(MPC)_w = \frac{18.96 \times 10^{-3}}{19.4} = 0.977 \times 10^{-3}$$

$$\lesssim\ 10^{-3}\ \mu\text{Ci/cm}^3$$

This value, 10^{-3} μCi/cm^3, is the concentration of zinc 65 in human drinking water that will deliver for continuous exposure a dose of 5 rems/year, the maximum dose allowed for occupational exposure (Table 2). If the maximum allowable dose is selected for some other segment of the population, the MPC must be decreased accordingly. The ICRP and NCRP have recommended MPC's for about 240 radionuclides, for occupational exposure from either air or water during a 40 hour week and during a 168 hour week. The recommended MPC for any single isotope must be diminished whenever exposure is from a mixture of radioisotopes, from air and water simultaneously, or from certain external sources of radiation. The MPC for any completely unknown mixture of radionuclides is set at 10^{-7} μCi/cm^3 for continuous occupational exposure.

The calculation of MPC's is entirely dependent upon biological

information—data on elemental distributions and concentrations in various human organs, data on the average size of human organs and of humans themselves, data on the efficiency of accumulation of an ingested radioisotope by different organs, and data on the elimination of elements from the various organs. For many nuclides and organs, these data not only are lacking for humans, but are extremely scarce for animals. This required information has been derived from experimental results wherever possible; when facts are completely unavailable, estimates are made by comparison with chemically similar elements, or by assuming steady-state conditions for an element in a critical organ. Elemental composition and distribution for a « standard man » were first stipulated during the 1940's, but these values have since undergone many revisions and additions. The composition of the standard (or average) man was summarized by the ICRP (1960). In nearly all cases, the critical body organ is the organ that accumulates the greatest concentration of the radioisotope under consideration. The body burden (q in Table 3) is that amount of the radionuclide in the total body, which results in the maximum permissible dose to the critical organ. For many nuclides, the MPC's were computed on the bases of various critical organs. For some—e.g., zinc 65—the total body may be considered the critical organ. Because the rates and efficiencies of uptake will vary for soluble and insoluble forms of the isotope, MPC's are also presented for both physical states; often the critical organ is also different for the two forms.

It should be clear from the foregoing discussion that the protection of man from environmental radioactivity is, to say the least, a complicated problem. The discussion of MPC's, up to this point, has been limited mainly to radionuclides in drinking water. When we consider waste disposal in the aquatic environment, however, we must be concerned primarily with radionuclides in foods. Since certain elements are concentrated to very high degrees by aquatic organisms, we must reconsider MPC's in terms of human consumption of fishery products.

Application of Mpc's to General Contamination of Aquatic Environments. — Evaluation of aquatic contamination by radioactivity is complicated by the diverse environmental and biological variables which affect the disposition of a radionuclide introduced into the environment. Since the greatest potential hazard to man is almost certainly from the consumption of seafood containing radioactivity, the control of waste disposal into the oceans must be such that safe concentrations in edible organisms are not exceeded. Two divergent approaches have been proposed for effecting this control: the first is merely an extension of the widely accepted MPC concept, briefly described above; and the second is based on the premise that man

cannot exceed his allowable body burden of any radioisotope so long as the specific activity of that isotope in the environment is maintained below the allowable specific activity in man. We will describe both of these approaches and discuss the merits and practicality of each.

Conventional Derivation of Working Limits for Radioactivity in the Marine Environment. — Permissible concentrations of radionuclides in the marine environment are usually calculated directly from the previously recommended MPC's in drinking water for continuous occupational exposure. Since this derivation involves additional information for which supporting data may be unavailable, certain assumptions must be made. Although the limiting concentration of any radionuclide will be found in edible organisms, the approach generally followed has been to establish limits for radionuclides in sea water (NAS-NRC 1959a, 1959b; Aten 1961; Yamagata 1965; Freke 1967). A nuclear power company can readily relate such limits to the levels of radioactivity in its waste effluent. These limitations placed on environmental contamination depend very much on local conditions, and should not be misconstrued as widely applicable « standards ». Rather, they are only derived working limits (DWL) based on the already established standards for maximum permissible radiation dose.

The first step in computing a DWL for sea water is to relate the MPC for drinking water to a DWL for seafood, as follows:

$$(DWL)_{sf} = \frac{(MPC)_w \ 2200}{30 \ I} \ \mu Ci/g \qquad (5)$$

where:

$(MPC)_w$ = MPC in drinking water for continuous occupational exposure - (μCi/cm^3).

$(DWL)_{sf}$ = Derived working limit for radioactivity in seafood (μCi/g).

I = Rate of ingestion of seafood - (g/day).

2200 = Rate of intake of water assumed for calculation of $(MPC)_w$ - (cm^3/day).

30 = Factor for converting $(MPC)_w$ for continuous occupational exposure to that for exposure of general population (Table 2).

Inherent in equation (5) is the assumption that the efficiency of accumulation and retention and also the final tissue distribution, i.e., f_w, T, and f_2 (Table 3), are the same whether the isotope is ingested in drinking water of food. Supporting data for this assumption are sorely lacking for humans. In a recent series of papers, however, researchers described experiments in which human subjects consumed whitefish (*Prosopium williamsoni*) and oysters (*Crassostrea* sp.) collected in the Columbia River downstream from the reactor effluent. Accumulation of zinc 65 from these sources did not follow exactly the pat-

tern predicted by application of the ICRP « standard man » values of 10 percent fractional absorption (f_w) and 194 days effective half-life (T). An experiment with only one subject eating whitefish gave $f_w = 32$ percent and $T = 162$ days (Foster and Honstead 1967). This fractional absorption of zinc 65 from whitefish was later confirmed in a 7-subject experiment by an average value of $F_w = 35$ percent (Honstead and Brady 1967). Accumulation of zinc 65 from oysters (again only one subject) gave $f_w = 13.5$ percent and $T = 100$ days (Honstead and Hildebrandt 1967). Although the sources of these differences are unknown, it is clear that the ICRP assumptions on radioisotope accumulation and retention are not necessarily exact for accumulation from various foods. Zinc 65 is absorbed more readily from oysters and fish than the ICRP assumed for uptake from drinking water. If this discrepancy is a general phenomenon, then DWL values for foodstuffs calculated by equation (5) will need to be decreased accordingly.

One possible explanation for the differences in efficiency of assimilation is that transport of zinc across the mucosa is facilitated by the presence of protein in the gut. The circumstantial evidence for this hypothesis is presented in Table 4.

TABLE 4

Protein Content of Food and Uptake of Zinc 65 from Different Sources

Source	Efficiency of Assimilation f_w	Percentage Protein Content P_c
Drinking water	.10[a]	—
Oysters	.135[b]	6.0[c]
Fish	.35[d]	17.9[c]

[a] ICRP (1960).
[b] Honstead and Hildebrandt (1967).
[c] Diem (1962).
[d] Whitefish - Honstead and Brady (1967).

A more probable explanation, which is completely unsupported at present, is that both assimilation efficiency and retention of an element depend on the total amount of that element in the diet.

The $(DWL)_{sf}$ calculated by means of equation (5) refers to the radioactivity in the food when it is consumed, not when it was caught. Applying this $(DWL)_{sf}$ to organisms while still in the environment would result in a safety factor for humans because physical decay of the radioactivity occurs during the interim between capture and consumption of the seafood. This factor is of little consequence for long-lived nuclides such as cesium 137 and strontium 90, but could

permit elimination by decay of short-lived isotopes such as iodine 131. The $(DWL)_{sf}$ obviously refers also to the average concentration of radioactivity in any species of seafood eaten. Since many species of fish migrate during their life-spans, the variation of radioactivity among individuals may be high. Individual fish containing high levels of radioactivity will be diluted (in the natural population, and during commercial processing and marketing) by fish which are from other geographical areas and contain less radioactivity. « Market dilution » can be accounted for by permitting organisms in the immediate area of waste disposal to contain more radioactivity than is allowable for the average seafood consumed. A factor of 10 for this dilution has been suggested (Dunster 1958).

The rate of ingestion of seafood—I in equation (5)—should approach the maximum amount eaten daily by any individual, but must obviously be an approximate value. A reasonable approach would be to estimate the maximum intake for one year, then pro-rate the intake on a daily basis. People in different geographical locations and in different socio-economic or ethnic situations consume vastly different amounts and kinds of seafood. Various estimates of intake appear in the literature (Aten 1961; Yamagata 1965; NAS-NRC 1959a, 1959b; Weaver 1967). Values generally range from 110 to 250 g seafood consumed per day, and are based on the partial or complete fulfillment of the average dietary protein requirement by seafood. Freke (1967) did not specify an average intake, but defined I in terms of an average daily protein requirement of 1 g protein per kg body weight;

$$I = \frac{100\ (70)}{P_c} \qquad (6)$$

where:

P_c = Percent protein content of seafood in question.
70 = Body weight in kg of standard man.

If we take the approach used for MPC's in drinking water, we assume that the entire protein consumption of the population is from seafoods and that the seafood constitutes the only source of radioactivity. The second assumption is already inherent in the calculation. To match the average protein consumption in the United States, a man would have to eat approximately 1.8 kg of fish per week (NAS-NRC 1959a), or I = 260 g/day. The $(DWL)_{sf}$ based on this value for I would be $\frac{2200}{260}$, or about 8.5 times the $(MPC)_w$ for the general population; would have to be reduced to allow for other internal sources of radioactivity, including those from drinking water and other foods.

From the viewpoint of public health protection, it would probably be most practical to establish maximum levels of radioactivity for various types of foodstuffs, including seafood. This approach, however, is not practical for the control of waste disposal. Effective limits

for controlling the rate of discharge of radioactivity into marine environments necessarily must be based on maximum levels for seafood, but must be expressed in terms of DWL's for the radioactive effluent (Aten 1961) or as maximum permissible rates of release, in curies per day (Freke 1967).

Derived working limits for sea water are obtained directly from $(DWL)_{sf}$ by dividing the ratio of the elemental concentration in the seafood to that in the sea water (concentration factor).

$$(DWL)_{sw} = \frac{(DWL)_{sf}}{C_f} \tag{7}$$

It is evident that the value of $(DWL)_{sw}$ for any particular radioisotope depends entirely upon which organism is considered in the calculation. Widely different values for C_f have been reported for the same element or isotope among different groups of edible marine organisms. Since metabolic uptake and physical adsorption are both affected by physical conditions such as temperature, pH, and salinity, concentration factors for a given isotope in any single species must also be subject to wide variation. Concentration factors for different elements in aquatic organisms have only recently been compiled from the literature by Polikarpov (1966). Varying patterns of consumption of any given seafood species also affect $(DWL)_{sf}$, so that the $(DWL)_{sw}$ is a particularly vulnerable criterion. Freke (1967), in his derivation of $(DWL)_{sw}$, selected a single reasonable (or acceptable) value of C_f from the literature for each of a long series of radionuclides in four different groups of seafood organisms: fish, crustacea, molluscs, and seaweed. A similar, though less restrictive, approach presented by NAS-NRC (1959a) discriminated only between vertebrates and invertebrates. The group of organisms exhibiting the greatest C_f is considered limiting, and the $(DWL)_{sw}$ was computed on that basis.

Let us now complete our example. Zinc 65 generally is concentrated by oysters (*Crassostrea virginica* Gmelin) about 100,000 times the sea water concentrations of the isotope. For our purposes, we will consider this the limiting factor for zinc 65 in sea water. Thus, we have, from equations (5) and (7):

$$(DWL)_{sw} = \frac{2200\ (MPC)_w}{30 \times I \times C_f}\ \mu Ci/cm^3 \tag{8}$$

where:

$$(MPC)_w = 10^{-3}\ \mu Ci/cm^3$$
$$I = 260\ g/day$$
$$C_f = 10^5$$

and:

$$(DWL)_{sw} = \frac{2200 \times 10^{-3}}{30 \times 260 \times 10^5} = 2.8 \times 10^{-9}\ \mu Ci/cm^3$$

If equation (6) is used to calculate I (using $P_c = 6.0$, from Table 4), then $I = 1170$ g/day and $(DWL)_{sw} = 1.26 \times 10^{-10}$ μCi/cm^3. As is usually the case in estimating concentration factors, grams and milliliters are considered equivalent in equation (8). The foregoing estimation of $(DWL)_{sw}$ is fraught with uncertainty. As discussed previously, the factors I and C_f are subject to wide variability, and uptake of an isotope from seafood is not necessarily equatable to uptake from drinking water. Perhaps the greatest uncertainty, however, arises from the arbitrary selection of a single species (necessarily one for which information is available) as the basis of the entire calculation. No single species is consumed at a uniform rate by the entire population. The use of an « average » value of C_f for a large group of similar organisms, e.g., molluscs, is also unacceptable, because certain species that constitute a significant part of the diets in certain localities may exhibit much higher concentration factors. Many of these drawbacks are eliminated from consideration in the application of the specific activity approach.

Derivation by Specific Activities of DWL's for Marine Environment. — The use of specific activity for establishing permissible levels of environmental radioactivity was first recommended for radioactive waste disposal into U. S. Pacific coastal waters (NAS-NRC 1962). Specific activity of any radioisotope is defined as the ratio of the amount of the radioactive isotope to the total amount of the element present (μCi/g, or equivalent). The application of this approach is based mainly on two assumptions: 1) that a radioisotope introduced into the environment readily equilibrates with the stable isotope (s) of the same element such that biological concentrating mechanisms will be unable to discriminate between the radioactive and stable forms, and 2) that the quantity of each stable element in each body organ is « fixed » and does not fluctuate with the intake of that element. Thus the distribution of radionuclides will correspond to the distribution of stable elements in the environment. The maximum permissible specific activity (MPSA) for any radioisotope with a critical organ other than the gastrointestinal tract is readily available from data on the standard man (ICRP 1959):

$$(MPSA) = \frac{q}{m \times C} \qquad (9)$$

where:

(MPSA) = Maximum permissible specific activity (μCi/g).
q = Maximum permissible burden of radioisotope in critical organ (μCi).
m = Mass of the critical organ (g).
C = Concentration of stable element in critical organ (g/g).

The (MPSA) is then converted to $(DWL)_{sw}$ (or, if desired, $(DWL)_{sf}$) simply by multiplying by the concentration of stable element in sea water (or in the seafood):

$$(DWL)_{sw} = K \times (MPSA) \tag{10}$$

where K = grams of stable element per cm^3 sea water.
The $(DWL)_{sw}$ so derived is independent of concentration factors and of rate of consumption of seafoods. If the MPC is set for sea water instead of for marketed seafood, then physical decay of the radioisotope will introduce a safety factor. Radioactivity accumulated by primary producers and then passed up a food chain to man will undergo physical decay during its residence in each trophic level. This process will be partially offset by continuous bioaccumulation from the water surrounding the organism, but for most elements the biological turnover is slow enough for physical decay to reduce significantly the specific activity of a radioisotope before the organism is consumed by organisms in the next higher trophic level. The extent of attenuation obviously depends on the physical half-life of the radioisotope and the residence time of the isotope in each trophic level.

The specific activity approach, as calculated in equations (9) and (10), should be applicable for any situation where the gastrointestinal tract is not a critical organ. For those radioisotopes which are not assimilated efficiently, the primary concern must be for the gastrointestinal tract, and the $(DWL)_{sw}$ must be derived from the allowable radioactivity estimated for seafood organisms, as by equations (5) and (7). The shortcomings of this technique were discussed previously. The MPSA for an isotope with the gastro-intestinal tract as a critical organ could be calculated from the $(DWL)_{sw}$ and the elemental concentration in sea water (equation (10)). The specific activity approach might also be invalid in individuals that had consumed food and water containing the MPSA of a radioisotope for a very long time. In such a case, the body burden of the isotope would approach the maximum permissible body burden (but never reach it because of physical decay of the isotope during its metabolism) such that consumption of a meal containing high radioactivity, but still no more than the MPSA, would result in more than the maximum allowable burden for either the gastrointestinal tract or the total body. This potentiality is of little immediate consequence, because environmental radioactivity certainly does not approach the MPSA's except (possibly) in extremely localized areas.

Certain examples of bioaccumulation have led investigators to question the premise that radioisotopes behave in the natural environment just as does the stable isotope of the element. For example, Schelske et al. (1966) postulated that bay scallops (*Aequipecten irradians* Lamarck) accumulated manganese 54 from particulate fallout in sea water because the specific activities of scallop tissues were higher than the specific activity of the water.

The results of calculating $(DWL)_{sw}$ for several isotopes by the specific activity and the conventional approach are compared in Table 5 (Isaacs 1964).

TABLE 5

Comparison of $(DWL)_{sw}$ Values Derived by Conventional and Specific Activity Approaches[a]

(1) Isotope	(2) PSCb conventional approach (μCi/ml)	(3) MPCCc specific activity approach (μCi/g)	(4) (2)/(3)
Cobalt 60	5×10^{-9}	5.0×10^{-9}	1.0
Iron 59	3×10^{-9}	3.0×10^{-9}	1.0
Copper 64	6×10^{-9}	6.0×10^{-9}	1.0
Zinc 65	2×10^{-8}	1.2×10^{-8}	1.67
Cesium 137	4×10^{-6}	1.5×10^{-4}	0.0267
Strontium 90	5×10^{-8}	3.4×10^{-5}	0.00147
Iodine 131	2×10^{-9}	1.6×10^{-6}	0.00125
Phosphorus 32	1×10^{-9}	2.8×10^{-9}	0.357
Sulphur 35	1.2×10^{-5}	8.4×10^{-3}	0.00143
Calcium 45	4.5×10^{-6}	1.2×10^{-4}	0.0375

[a] Modified from Isaacs (1964).

[b] Permissible sea water concentrations as calculated in NAS-NRC (1959 a) but revised according to NRCP (1959) values for $(MPC)_w$, and according to the more recent biological concentration factors and the appropriate reduction factors for dose to the general population as recommended by NAS-NRC (1962).

[c] Maximum permissible sea water concentrations recommended by NAS-NRC (1962). All values except those for cobalt 60, iron 59, and copper 64 were calculated by equations (9) and (10), but were then increased by decay factors appropriate for the physical and biological half-lives of each isotope.

Table 5 shows that the specific activity approach usually gives less stringent standards for radioactive waste in sea water. Since the first three nuclides in Table 5—cobalt 60, iron 59, and copper 64—have the gastro-intestinal tract as the critical organ, the derivations necessarily are identical, i.e., by equations (5) and (7). For other isotopes the specific activity approach permits up to almost 1000 times as much environmental radioactivity in sea water. It should be emphasized that the MPCC values (Table 5, column 3) were intended to represent the actual *limits of safety* for radioactivity in sea water, whereas the conventional approach (Table 5, column 2) includes many poorly defined safety factors. The specific activity approach has the following drawbacks: 1) it is not valid when considering radiation dose to the gastro-intestinal tract; 2) as a human approaches his maximum permissible body burden of radioactivity, the *total* activity of the contents of his gastro-intestinal tract becomes significant, regardless of what the *specific* activity is; and 3) radionuclides introduced into the envi-

ronment may be more (or less) readily available for bioaccumulation than the corresponding stable element, i.e., the entire basis for the approach may at times be invalid.

The specific activity approach has special merit for those radioisotopes which, because of long physical half-life or of continuous introduction into the environment, are chronic contaminants. Such radioisotopes will have had ample time to equilibrate with the stable isotopes already present in the environment, so that after the initial period of introduction, most of the radioisotope will be distributed in the same way as a stable carrier. Such is probably the case with cesium 137 and strontium 90 from fallout in the biosphere, although neither isotope has yet equilibrated in the deeper parts of the ocean (Broecker, Bonebakker, and Rocco 1966). In any acute contamination, however, the radioisotopes may be introduced in a physical or chemical form different from that of the stable isotopes in the environment, and bioaccumulation of the radioactivity might be independent of the distribution of the stable element. At present, nearly all radioactivity introduced into the environment is comparable to acute contamination, because significant concentrations of most radioisotopes are not yet widespread, but are localized in the immediate areas of contamination. As radioactive contamination becomes widespread, i.e., as portions of the environment approach their « maximum permissible burdens » of radioactivity, the specific activity approach will become increasingly applicable. In the meantime, isolated instances of « acute » radioactive contamination might be controlled more effectively on the basis of the nature of the contaminating effluent and of the immediate environmental circumstances than on the basis of the distribution of stable elements in the receiving environment. The conventional approach necessarily involves many conservative approximations but nevertheless is based on sound principles of bioaccumulation, and will adequately protect the population from excessive radiation.

The techniques we apply to the problem of radioactive contamination of our environment must undergo continuous revision as new information develops.

Limits on the quantities of water-borne radioactive materials that can be released to the environment are now based on the expectancy that the receiving water will be used as a source of drinking water or that people will consume large quantities of fish, shellfish, or other aquatic or marine foodstuffs produced in the vicinity of the plant discharge. The calculations that lead to the specification of release rates (or maximum concentrations of radionuclides in the effluent) are based on conservative estimates of the behavior of the radionuclides in the receiving water, the reconcentration of certain radionuclides by aquatic and marine food organisms, the rates of consumption of edible parts of the food organisms, and the accumulation and retention

of the nuclides in man. Many of the estimates now used are tentative and are probably overly conservative because of a paucity of definitive data.

Additional radioecological research is underway in many laboratories through the world to improve the estimates that are now being used, to provide greater assurance of the safety of the limits as now calculated, and to acquire the knowledge needed to cope with unplanned radioactive contamination. Further research is especially needed on the following:
1) the fate of radioactive materials discharged into natural waters, 2) the reconcentration of radionuclides by important aquatic organisms, 3) the efficiency of transfer of radionuclides through food webs, 4) the flux of acute releases of radioactive wastes through aquatic communities, and 5) the effects of chronic exposure to low levels of radioactive materials on aquatic organisms and populations. Continued research in these areas will ensure that we are neither too permissive nor excessively restrictive in our regulation of radioactive waste disposal into aquatic environments.

Beaufort, N. C., Radiobiological Laboratory. (*Supported jointly by the Bureau of Commercial Fisheries and the U. S. Atomic Energy Commission*).

D. A. WOLFE and T. R. RICE

LITERATURE CITED

ANONYMOUS. - 1966. *Water re-use.* Chem. Eng. News 44 : 90-100.

ATEN A. H. W. JR. - 1961. *Permissible concentrations of radionuclides in sea water.* Health Phys. 6 (3-4) : 114-125.

BROECKER W. S., E. R. BONEBAKKER and G. C. ROCCO. - 1966. *The vertical distribution of cesium 137 and strontium 90 in the oceans.* J. Geophys. Res. 71 (8) : 1999-2003.

DELAGUNA W. et al. - 1963. *Disposal by hydraulic fracturing.* Health Phys. Div. Annu. Rep. USAEC Rep. ORNL-3492.

DIEM K. (editor). - 1962. *Documenta Geigy Scientific Tables.* Ardsley, New York, p. 512.

DUNSTER H. J. - 1958. *The disposal of radioactive liquid wastes into coastal waters.* Proc. 2nd U.N. Int. Conf. Peaceful Uses At. Energy, Geneva 18 : 390-399.

FEDERAL RADIATION COUNCIL. - 1960. *Background material for the development of radiation protection standards.* FRC Staff Rep. No. 1. 39 p.

1961. - *Background material for the development of radiation protection standards.* FRC Staff Rep. No. 2. 19 p.

FOSTER R. F. - 1959. *The need for biological monitoring of radioactive waste disposal.* Sewage Ind. Wastes 31 (12) : 1409-1415.

FOSTER R. F. and J. F. HONSTEAD. - 1967. *Accumulation of zinc-65 from prolonged consumption of Columbia River fish.* Health Phys. 13 (1) : 39-43.

FREKE A. M. - 1967. *A model for the approximate calculation of safe rates of discharge of radioactive wastes into marine environments.* Health Phys. 13 (7) : 743-758.

GROSCH D. S. - 1965. *Biological effects of radiations.* Blaisdell Publishing Co., Waltham, Mass. 293 p.

HONSTEAD J. F. and D. N. BRADY. - 1967. *The uptake and retention of ^{32}P and ^{65}Zn from the consumption of Columbia River fish.* Health Phys. 13 (5) : 455-463.

HONSTEAD J. F. and P. W. HILDEBRANDT. - 1967. *Uptake and retention of zinc-65 from certain foods.* Health Phys. 13 (6) : 649-652.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. - 1965. *Radioactive waste disposal into the ground.* IAEA Safety Ser. No. 15. 111 p.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. - 1959. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection* (adopted September 9, 1958). Pergamon Press, New York. vi + 18 p.

1960. - *Report of ICRP Committee II on permissible dose for internal radiation (1959), with bibliography for biological, mathematical and physical data.* Health Phys. 3 : 1-380.

1966. - *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection* (adopted September 17, 1965). ICRP Publ. No. 9. Pergamon Press, New York. iv + 27 p.

ISAACS J. D. - 1964. *Discussion on R. T. P. Whipple. Considerations on the siting of outfalls for the sea disposal of radioactive effluent in tidal waters.* Adv. Water Pollut. Res. 3 : 26-33.

KINSMAN S. - 1958. *Background radiation exposures of the general population.* Amer. Ind. Hyg. Ass., J. 19 : 8-14.

LIBBY W. F. - 1955. *Dosages from natural radioactivity and cosmic rays.* Science 122 (3158) : 57-58.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES—NATIONAL RESEARCH COUNCIL. - 1956. *The biological effects of atomic radiation.* NAS-NRC, Washington, D. C. xiv + 108 p.

1960. - *The biological effects of atomic radiation.* NAS-NRC, Washington, D. C. xiii + 90 p.

1959. - *Radioactive waste disposal into Atlantic and Gulf coastal waters.* NAS-NRC Publ. 655. viii + 37 p.

1959. - *Considerations on the disposal of radioactive wastes from nuclear-powered ships into the marine environment.* NAS-NRC Publ. 658. xviii + 52 p.

1962. - *Disposal of low-level radioactive waste into Pacific coastal waters.* NAS-NRC Publ. 985. xii + 87 p.

NATIONAL COMMITTEE ON RADIATION PROTECTION. - 1954. *Radioactive-waste disposal in the ocean.* Nat. Bur. Stand. Handb. 58. 7, 31 p.

1954. - *Permissible dose from external sources of ionizing radiation.* Nat. Bur. Stand. Handb. 59. A4, 79 p.

1959. - *Maximum permissible body burdens and maximum permissible concentrations of radionuclides in air and in water from occupational exposure.* Nat. Bur. Stand. Handb. 69. viii + 95 p.

POLIKARPOV G. G. - 1966. *Radioecology of aquatic organisms.* Reinhold, New York. 314 p.

SCHELSKE C. L., W. D. C. SMITH and J. LEWIS. - 1966. In Annual report of the Bureau of Commercial Fisheries Radiobiological Laboratory, Beaufort, N. C., for the fiscal year ending June 30, 1965. U. S. Fish Wildl. Serv., Circ. 244 : 12-14.

STRUXNESS E. G. - In Press. *Permanent disposal of radioactive wastes.* Proc. 2nd Nat. Symp., Radioecol., Ann Arbor, Mich., May 15-17, 1967.

WEAVER C. L. - 1967. *A Proposed Radioactivity Concentration Guide for Shellfish Radiol.* Health Data Rep. 8 (9) : 491-494.

YAMAGATA N. - 1965. *Evaluation of marine contamination with radioisotopes of long half-lives.* Health Phys. 11 (10) : 1005-1008.

THE NEURONAL ORGANIZATION OF BRAIN MECHANISMS

The study of structure and properties of the nervous system in different periods of evolution suggests the existence of three basically different types of its neuronal organization: 1) *the diffuse — generalized type originated of the nerve nets of Coelenterata and makes possible unspecific general regulations, not very precise but highly reliable because of the plurality of link tracts;* 2) *locally specialized type originated in the ganglia of the invertebrates and in segments of the vertebrate spinal cord. It makes possible local and general simple reflexes, highly precise but less reliable because of strict specialization of link tracts;* 3) *probability-statistical organization of neuronal sets originated in so-called screen structures of the brain higher parts, where probablistic links are highly reliable and the statistic reaction is highly precise. This type served the base of the development of plastic mechanisms of mental activity.*

The brain always attracted and still attracts greater attention of scientists in different fields of science than any other organ of the human body. And no wonder. The most complicated and concealed vital processes reflected in our thoughts and feelings take place in the brain. During the last hundred years due to joint efforts of naturalists in many countries we have learnt about the brain activity more than it had been known about it since the time of Hippocrat till the last century.

In 1963, in accordance with UNESCO resolution the communities of scientists all over the world celebrated the first centenary since the publication of the book « Reflexes of the brain » by the Russian physiologist I. M. Sechenov. The title of the book has since become the programme of researches in physiological mechanisms of mental activities. The discoveries made by the Italian A. Galvani (1791) in the electrical manifestation of the nervous excitation, by the Franch P. Flourens (1824) when some parts of the brain were removed, by G. Fritch and E. Hitzig in Germany (1870) when electrical stimulation of the brain was first applied, revealed many sides of reflex activity.

In the beginning of our century the Englishman C. Sherrington (1906) discovered the base peculiarities of the structural organization of lower brain levels reflexes. Some years earlier in Russia I. P. Pavlov (1903) had discovered conditioned reflexes — the working mechanism of the higher nervous (mental) activity.

But only comparatively recently due to the successful attempts to record impulse discarges of separate nervous cells by means of microelectrodes the great progress has been achieved in approaching the possibility to describe the activity of brain mechanisms in terms of neuronal activity.

One can learn the quickly accumulated data in this field reading the fundamental works written by R. Granit (1955), D. Eccles (1953, 1957), D. S. Vorontzov (1961) and T. Bullock and G. Horridge (1965).

Different brain structures appeared to display different forms of activity of brain neuronal units which may be considered an evidence of their having been formed on the basis of various types of nerve cell functional organization. Morphologists find three types of organization of the nerve system worked out in the process its evolution: the diffuse type, the ganglionic type and the tubular type.

The diffuse type is peculiar to primitive invertebrates. The Hydra may serve a good example of the type. Neurons are dispersed all over the body, the neuron's links with other neurons surrounding it are plural. The result is a peculiar nerve cells net, with cell bodies being its ganglion and with their branches making loops of the net the exitation triggered in any point of the net freely spreads all over it practically including the whole nervous system of the animal.

The diffusive structure of the nervous system in Coelenterata has been evidently formed under the influence of the specificity of their motor activity. Slow and diffuse general movements, each of them as a rule involving many tentacles and the most part of the body, are performed by contraction of a great number of smooth muscle fibres.

To innervate them the signals must be diffuse and widely spreading through numerous tracts. In this case there is no narrow specialization of the link tracts the impulse conducting may be through various loops of the nerve network. Nerve cells interaction takes place in a diffuse nervous system in accordance with the theory of chances probabilities and not with the rules of simple determinism. This explains the main properties of such an organization: generalization and indistinction of the reactions carried out by the organization on the one hand and their extra-ordinary plasticity on the other hand, which makes their realization possible, even in cases when some nerve ties are damaged.

As the diffuse type of the nerve system is highly adaptable some main traits of such organization have been preserved in the process of evolution and may be found in the texture and properties of some nonspecific brain structures of man and higher animals. The reticular structures of the brain stem which have a general influence on the excitability level of the cortex (D. Moruzi, G. Magoun, 1949; G. Jasper, 1949) may serve an example. The plural interneuronal connections make networks, in which the excitation spreads widely, by various link tracts. Such plural connections maintain the efficiency of the higher parts of the brain responsible for the perception of the world.

The ganglionic type of nervous system structure makes possible a very complicated character of the invertebrate behaviour from worms to higher insects with their wonderful communities giving us an illusion

of existence of the « social » life there. Nerve knots and chains are characterized by neurons concentration in compact groups, each group innervating a definite part of the body. Nerve cells are strictly devided into afferent entrance cells taking in signals of environmental effects on the organism and efferent exit cells, through which response actions are realized.

Between these two divisions the intermediate neurons make connections directing excitation through definite routes.

This type of neuronal organization made possible the narrow specialization of tracts for signals with different meaning which was the necessary condition for the development of all the reflexes from a simple defensive move to the most complicated display of instincts.

Getting the nerve centre via definite tracts signals are separatly conducted along the chains of definite neurons. In our laboratory it was shown by L. D. Karpenko (1963), that even in the nerve ganglia of molluscs one observes a strict type of specialization of neurons, the participation of which in a reflex act is of a fixed character.

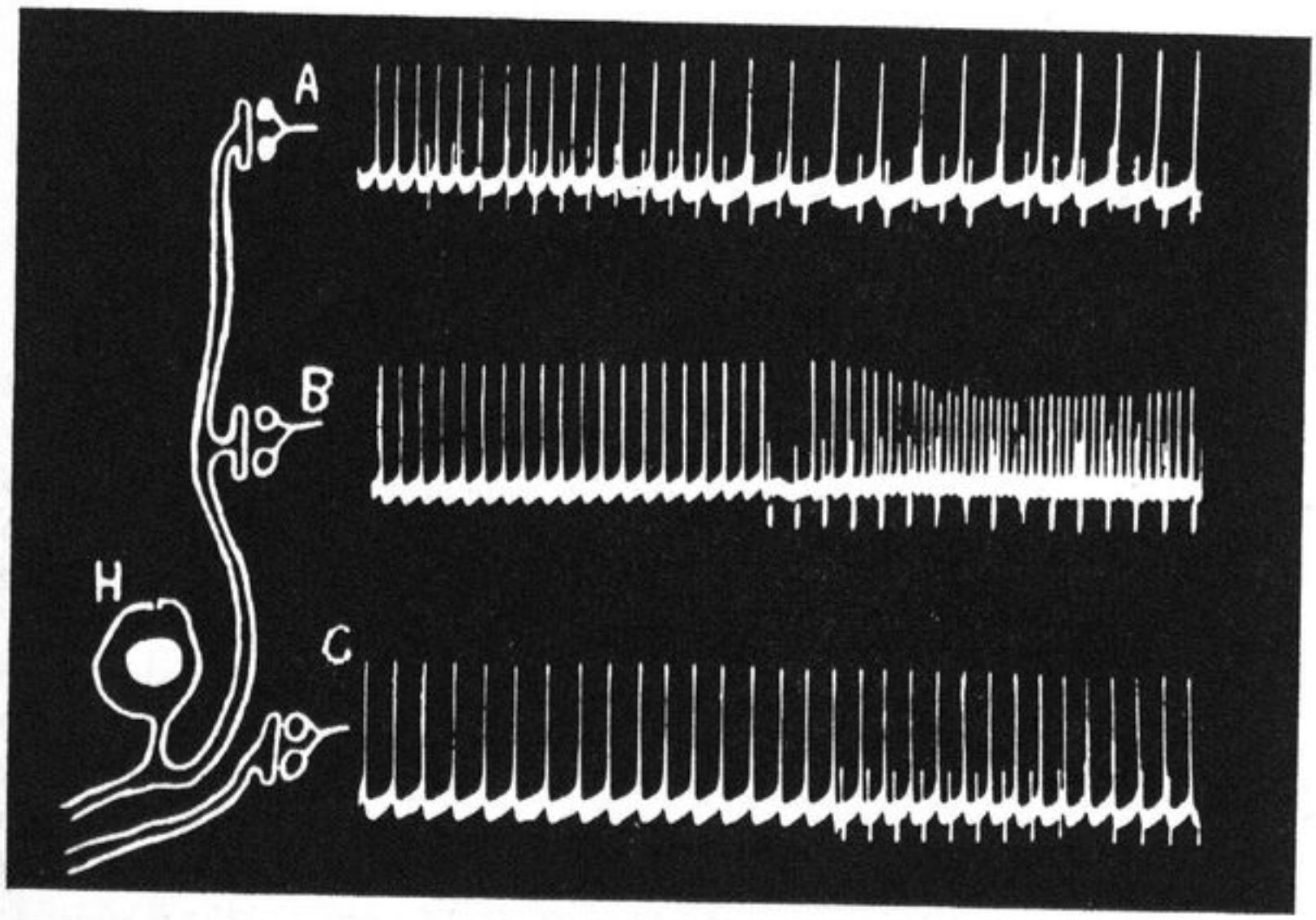


Fig. 1.

Discharge of the electrical impulses leading off by micro-electrode from the neuron (H) of the snail ganglion.
A — Stimulation of the inhibitory input.
B — Stimulation of the excitatory input.
C — Stimulation of the indifferent input.

Décharge des impulsions électriques s'écoulant par la microélectrode du neurone (H) du ganglion de l'escargot.
A — Stimulation de l'alimentation inhibitrice.
B — Stimulation de l'alimentation excitatrice.
C — Stimulation de l'alimentation indifférente.

The nerve cells interaction in the ganglionic nervous system, contrary to the difuse system does not follow obey the rules of chances, it becomes more strictly determined. This accounts for more strict localization and specialization of reflexes that leads to the development of plural fixed forms, and movements get exact. However, all these properties have been acquired at the expense of sharp lowering of plastcity.

Such system cannot already carry out a reflex, say, a defensive move using different interchangeable neurons under different conditions. The reflex mechanism becomes more exact, it works now with greater precision, but at the same time its plasticity and its ability to get adapted to functional changes fall. Evidently, the development of this tendency results in the wonderfully stereotypic behaviour of insects, obeying their « blind » instinct.

The tubular type of the nervous system of the vertebrate has developed as neuronal chains with fixed functions, making segmentary reflexes mechanisms. The base of this nervous system type is the strict determinism in nerve cells organization. The same kind of determinism conditioned the activity of the invertebrate ganglionic system. The obvious case of such neuronal organization is the mechanism of the reflex of walking in spinal cord of the vertebrate. The nerve cells there are connected in such a way that when e.g. the knee joint is being bent a number of specialized neurons got automatically involved into action to hinder the extensors of this leg and the flexors of the second leg. At the same time the extensors of the second knee-joint got excited as well as the flexors of the first knee-joint. The « scheme » of nerve cells connection being strictly fixed, such mechanism can reproduce stereotypic step by step walking with the precision of an automat.

But on the other hand the significant complication of such « schemes » demands a great number of working nerve cells which makes the scheme not reliable enough.

At such « scheme » organization of stereotypic reflex mechanisms the logic of the nerve centre is wholly determined by the logic of the connection of neurons it consists of.

The above described reflexes of the suboesphageal ganglion of the snail (Helix pomatia) as well as of the spinal cord of man may be represented by similar schemes of formal neurons connections in accordance with the rules of so called nerve nets theory developed by W. Mc Culloch and W. Pitts (1943).

This kind of organization may be called locally specialized according to the character of neurons interaction and reflex properties.

However there are some failures in the strict fixation of neurons even in the most responsible spinal-cord motion governing mechanisms. For instance, in a complex motor act numerous nerve cells take part,

which can to some extent replace one another (M. A. Alexeev, V. S. Gurfinkel, 1964).

Still more failures in narrow specialization and « scheme » type of neuronal connection can be found in the activing of such vitally important nerve mechanism as, for example, the respiratory centre.

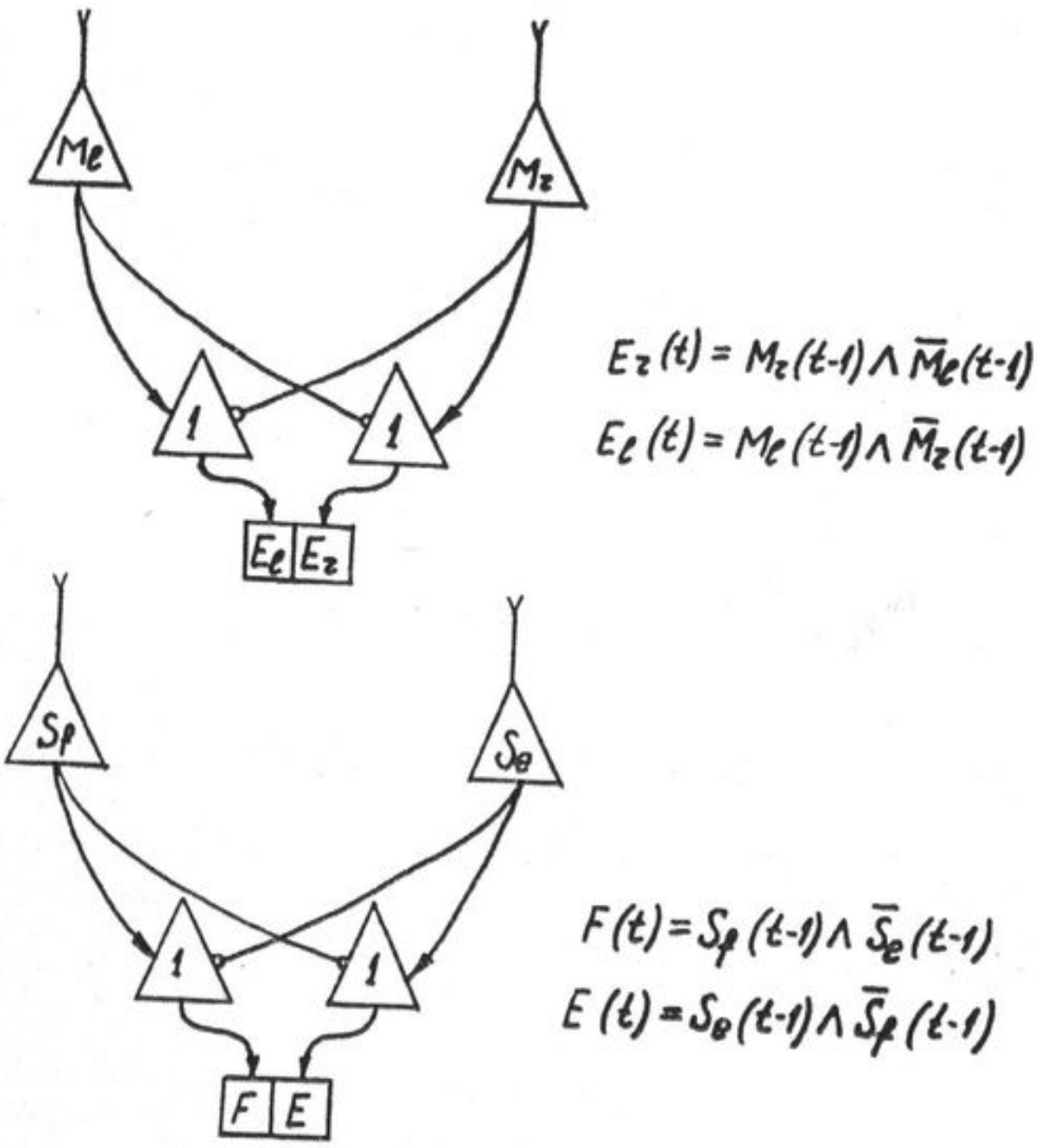


Fig. 2.

The snail ganglion reflex (A) and spinal cord reflex (B) represented in the symbolic nervous nets and in the equation of the logic algebra.
Ml stimulation of the left mantia nerve, Mr stimulation of the right mantia nerve, El motor effect on the left side, Er motor effect on the right side, Sf stimulation of the flexor afferent nerve, Se stimulation of the extensor afferent nerve, F — motor flexor effect, E — motor extensor effect. Threshold of neuron = 1.

Le réflexe du ganglion de l'escargot (A) et le réflexe de la moëlle épinière (B) représentés par les réseaux nerveux symboliques et par l'équation de l'algèbre logique.
Ml stimulation du nerf gauche de la mantia, Mr stimulation du nerf droit de la mantia, El effet moteur sur le côté gauche, Er effet moteur sur le côté droit, Sf stimulation du nerf extenseur afférent, F — effet moteur du flexeur, E — effet moteur de l'extenseur. Seuil du neurone = 1.

And the last, in the higher parts of the brain the tendency to « schemeless » neuronal connections increases still more. The tendency reaches its extreme point in screen structures (A. A. Zavarzin, 1950) of the cortex carrying out mental activity functions. Practically nothing

of the « scheme » organization is left here and one has some grounds to speak about the appearance of a new principle of « schemeless » probability-statistical organization of neuronal elements as in the functional systems of the higher parts of the brain (A. B. Kogan, 1962, 1964, 1964).

The most striking feature of such probability-statistical organization is the variable participation of neurons in the realization of those nerve centre functions in which they take part.

As it was mentioned above neurons of the ganglionic, segmentary and tubular nerve system, as a rule respond with a similar discharge of impulses to each stimulation bringing about a reflex.

On the contrary, neurons of the higher parts of the brain, those responsible for analytical functions in particular, react in this way only in some exceptional cases.

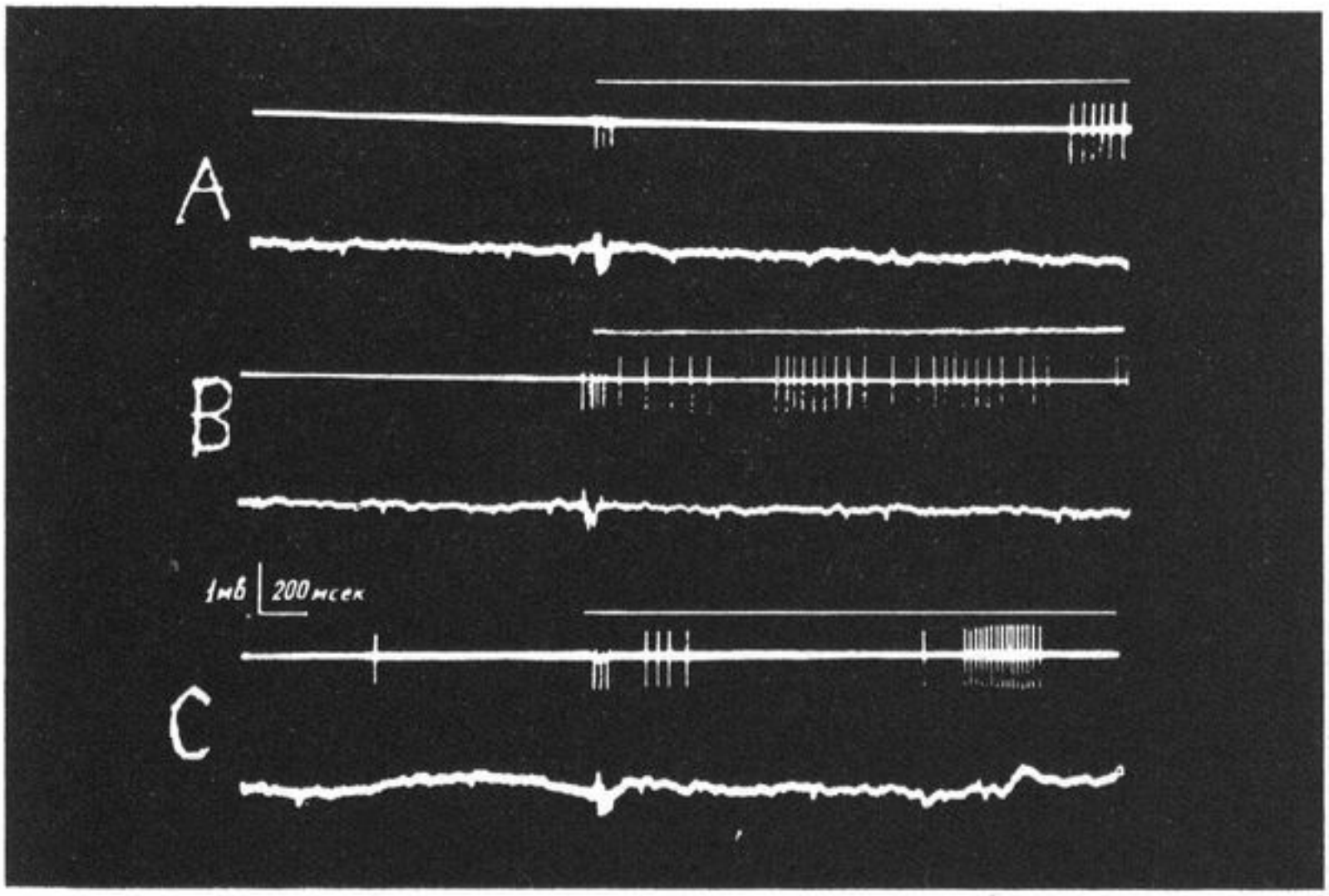


Fig. 3.

Constant and variable kinds of the central visual neurons discharge (upper trace), formed the equally system reactions evoked responses (lower trace) to the consecutive light stimulus (A, B, C). Lines over the traces marks the light.

Espèces constante et variable de décharge des neurones visuels centraux (tracé supérieur), formées du système équivalent des réponses suscitées par les réactions (tracé inférieur) au stimulus lumineux consécutif. Les lignes au-dessus des tracés représentent la lumière.

Fig. 3 shows the simultaneous record of impulse activity of two neurons of the frog mesencephalon roof, responsible for the highest visual analysis (O. G. Chorayan, 1963). One of the neurons responds to every flash of light by constant stereotype impulse dischardes.

The responses of the other are extremely variable in latency and time rate as well as in frequency and a number of impulses. The extreme case is full fading of response. The investigation of the character of the coutinuous impulse activity of the neurons, which was the background of stimulation, the changes in intervals between flasches, the attempts to find out the latent regularity in variable responses, all this has shown that such variability can be explained neither by changes of the functional state of the brain in the whole, nor by the fact that stimulation coincides with different phases after the impulse of the neuron's own constant discharge, nor by the consequence of the previous flach affect.

Thus it should be acknowleged, that the screen structure of the visual analyzer of the frog consists mainly of the plurality of neurons which participate in the response to stimulation in various ways. Only some neurons have fixed functions, which possibly serve as projectional orientators. Such inconstantly shows that the central excitation spreads with the help of various interneuronal connections.

No definite « scheme » of neurons linking together can be seen here. One canspeak only about the probability of using one or another neuron out of a great number of them.

Impulses pass along screen structure neurons in accordance with

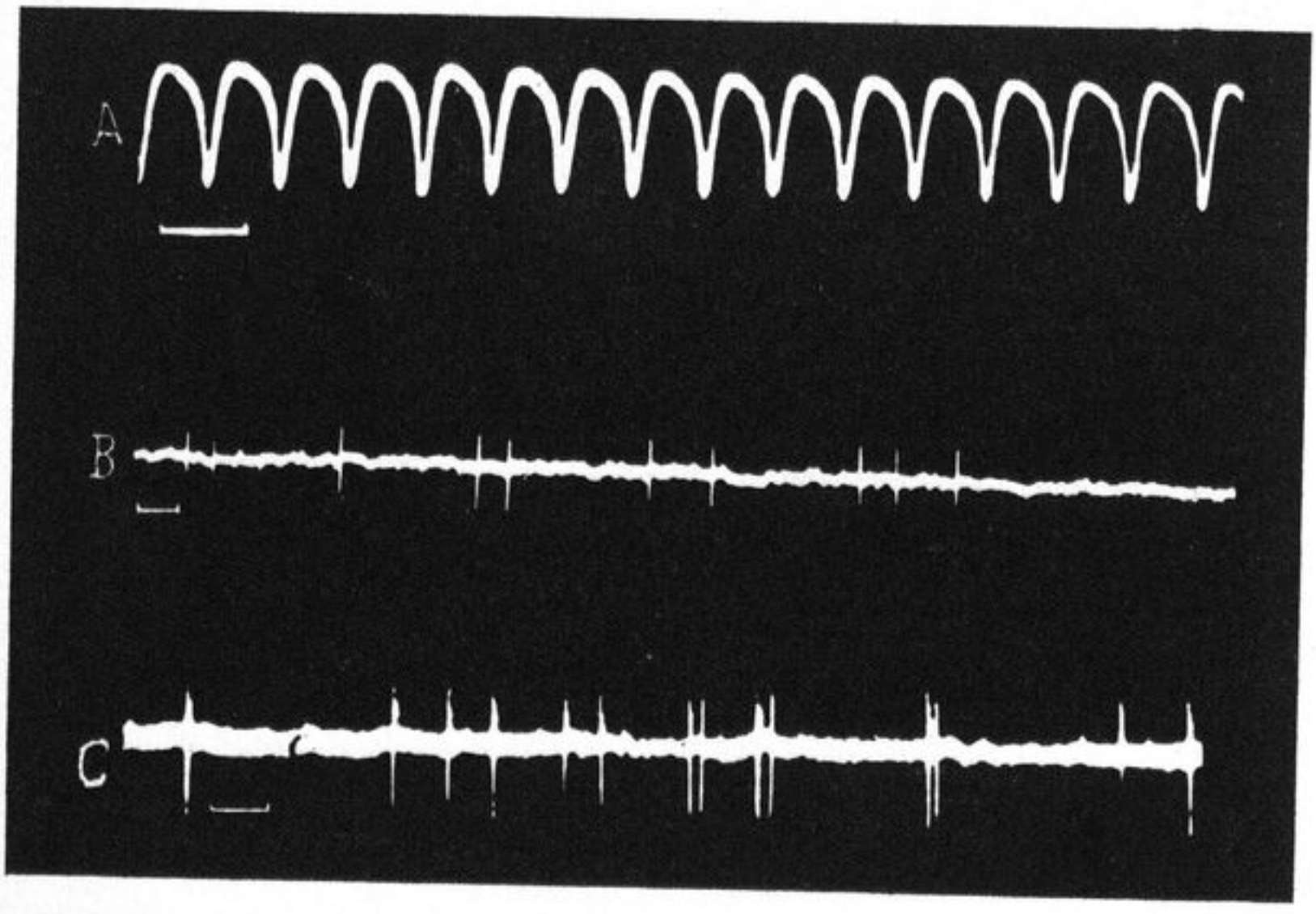


Fig. 4.

The spontaneous impulse discharge of the neurons in the snail ganglion (A), midbrain of the frog (b), visual cortex of the cat (C). Time mark — 0,2 sec.

La décharge d'impulsion spontanée des neurones dans le ganglion de l'escargot (A), le cerveau moyen de la grenouille (b), le cortex visuel du chat (C). Marque pour le temps — 0,2 sec.

probability laws, which is the result of evolutionary increase of the number of interneuronal connections. At the same time the constant impulse activity becomes more and more arhythmical because of the increased interactions of rhytmies of various neurons. The abundance of connections allows to economically form and reform various « patterns » of activity using a limited number of different neurons in working acts of nervous activity. The reproduction of all these « patterns » by means of « scheme » organization would require an enormous number of nerve cells, which appears to be practically impossible.

The probability-statistical neuronal organization in brain screen structures is also characterized by the fact, that they interact in different functions not individually but as intergated bodies or sets of such structures. The term « ensembles » is widely used for such of structures. Their properties have been examined theoretically in different models of the brain (D. Hebb, 1949; P. Milner, 1957, and others). In our laboratory (A. B. Kogan and O. G. Chorayn, 1965) some space properties of such ensembles have been revealed. The interrelations of two neurons in the optical lobe of the frog's brain were found to be different and depend on the distance between than. It was shown in the experiment with simultaneous recording of discharges of the two neurons.

Three types of the interrelations revealed by the experiment are shown in Fig. 5, The first type represents the matched excitatory or inhibitory responses to stimulation, which signifies that at the light flash both neurons make their constant impulse discharges more frequent or slow than down. Such interrelations are typical for the neuronal pairs with the distance between than not more than 200 mk.

In the second type of neuronal interrelations one neuron of the pair makes its impulse discharges more frequent, while the the other slows then down. This type is characteristic for the neurons with the distance between than more than 200 mk, but less than 500 mk.

At last the third type of neuronal interrelations unites all less definite and more complicated types of interrelations. The interrelation of neuron responses to light flaches appeared to be irregular. The distance between neurons of this type is more than 500 mk.

Such definite topographical orientators show that each ensembles of similarly reacting neurons occupies about 0,03 square milimetres in the screeen structure of optical analyzer of the frog's brain. Then it is of importance, that each neuronal set being excited inhibits the neighbouring ones. Outlying nerve cells of some receptory organs, e.g. the eye of Limulus, were shown to have so-called « lateral inhibition » (G. Hartline, 1949). This kind of inhibition makes the contrast clearness of an image better. Evidently, the central cells of the cerebral parts of the analyzers begin to interact not separatly but as ensembles, sets of cells.

Each ensemble may be considered to unite some scores of neurons. This opinion is based on the above mentioned data of sites of such sets and of the results of histological investigations of an average density of neuron cells in the frog's brain optical lobe. It should be remembered that two recording microelectrodes may get not the same but neighbouring sets of neurons, the distance between them may be comparatively short, e.g., 150 mk. In this case, the probability of the first and of the second situations may be theoretically calculated, e.g. the probable percentage of neuronal pairs, reacting together or as opposite.

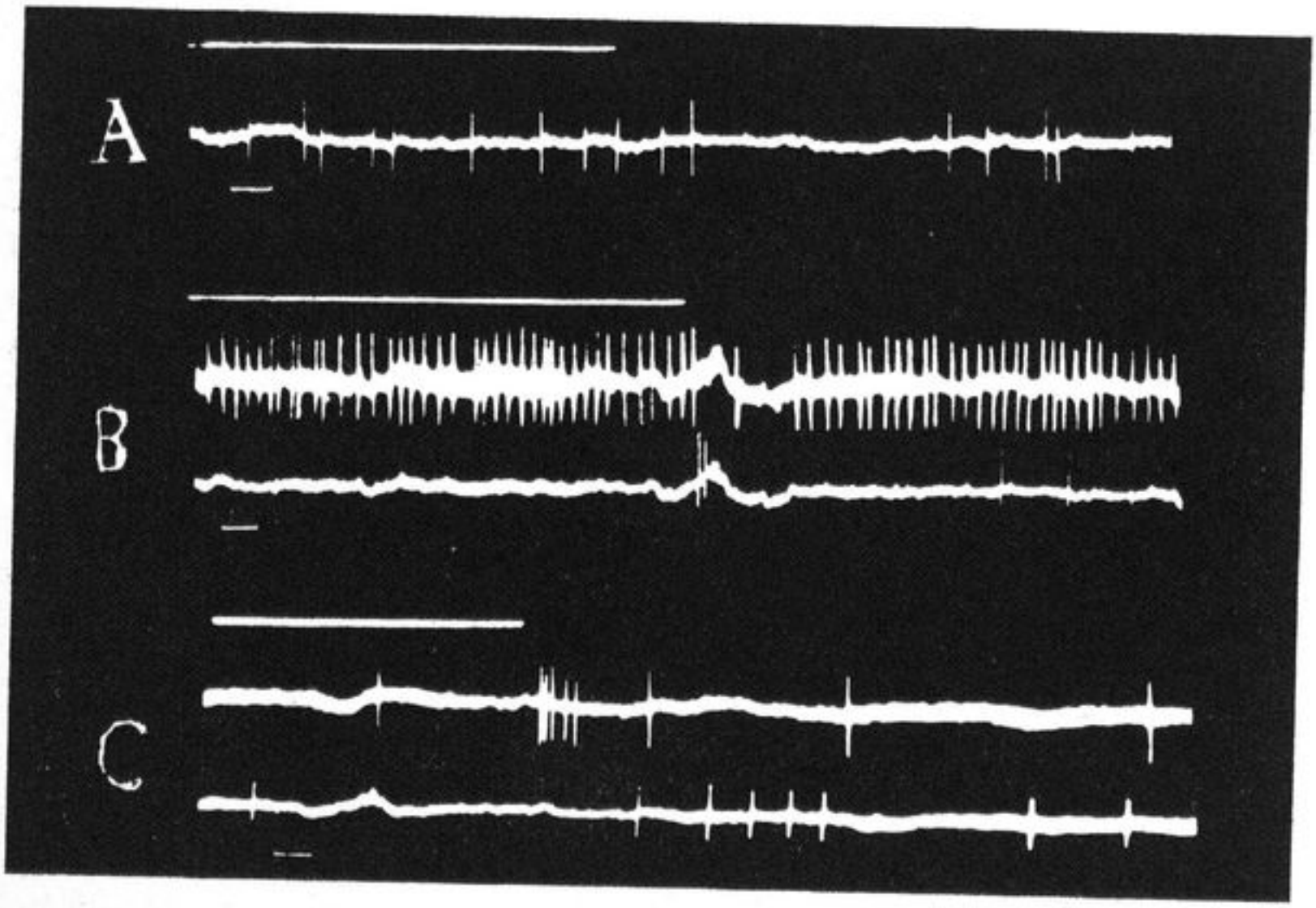


Fig. 5.

Different kinds of the neurons interaction in the lobi optici of the frog depending from distance between it.
A — synergic, B — antagonistic, C — absence of the marked correlation. Explanation - see text. Time mark - 0,2 sec.

Différentes espèces d'interactions neuronales dans les lobes optiques de la grenouille en fonction de la distance entre eux.
A — synergique, B — antagoniste, C — absence de corrélation marquée. Explication - voir texte. Marque du temps - 0,2 sec.

The definitions given above give us right to consider the diameter of an optical neuronal ensemble in the frog's mesencephalon roof to equal to approximately 200 mk.

The statistical distribution of numbers of neuron pairs acting together or as opposed has shown a high degree of coincidence of experimental results and theoretical calculations.

Evidently the evolution of brain higher parts was accompanied by essential reorganisation of their neuronal ensembles. Thus the

transfer of functions of the highest optical analysis from the mesencephalon of the amphibian into the new cortex of the forebrain mammalia was manifested, along with the increase of members of layers in screen structures, by complication of electrical responses and neuron reactions (G. D. Smirnov, 1963). The space characteristics of neuronal ensembles also change due to considerable exfoliation of the receiving surface of the screen structure and its becoming spatial instead of planar.

Probably one of the manifestations of such changes is grouping of together reacting neurons in peculiar column from the surface to the deepest cell layers (V. M. Mountcastle, 1957).

The investigations of interconnections of simulteneously recorded impulse activity of some neurons carried out in our laboratory in the cortex of the rat (A. G. Suchov, 1965), guinea pig (G. S. Klepach, 1965) and rabbit (I. P. Dikareva, 1965) have shown that in mammalia the ensemble organization of neurons of higher brain parts preserving some properties common to all vertebrates, acquire some peculiar properties. The joint character of reactions of neighbouring nerve cells is a common property.

However, this rule appears to be true only for neurons, simultenously recorded by the same microelectrode, i.e. from the zone where their electrical fields overlap.

In case the distance is more considerable the interrelations of neuron reactions are much more difficult to detect. Still, common responses to stimulation were detected in cells which one 1-2 milimeters distant.

Some other common organization traits have been revealed when comparing average results of experiments in different animals. The results are shown in Table 1.

The table shows that the ratio of the total number of neurons, reacting by excitation and those reacting by inhibitions remains astonishingly constant in brain cortex of all the animals: two excited neurons per one inhibited neuron. This ratio appears to be true for different analyzing cortex areas (somato-sensory and optical) when different stimuli are being applied (the cutaneous, light, direct electrical). The most numerous and statistically more reliable data of experiments in guinea pigs show that such ratio of excited and inhibited neurons remains almost the same, even within each cortex layer taken separately.

Still more astonishing that this ratio of two excited neurons to one inhibited neuron remains even in the case of epileptic convulsions caused by direct electrical stimulation of the rat's cortex (A. G. Suhov, 1965).

This fact suggests that the epileptic state is not the total excitation of nerve cells of the convulsions region, but rather a kind of reforming

TABLE 1

The neurons distribution in the cortex layers and their responding to stimulation by excitation or inhibition and their percentage

The species of the animals	*The region of cortex and the kind of the stimulation*	*The type of the reaction*	*The number and percentage of reacting neurons*	*The layers of the cortex*					
				I	*II*	*III*	*IV*	*V*	*VI*
rats	Sensomotor cortex, electrocutaneous stimulation	excitatory	12 67 %	—	—	—	2	8	2
		inhibitory	6 38 %	—	—	—	1	5	—
guinea pigs	The optical cortex, light stimulation	excitatory	668 70 %	50 71 %	64 73 %	136 75 %	117 67 %	146 71 %	85 67 %
		inhibitory	282 30 %	20 29 %	24 27 %	45 25 %	93 33 %	58 29 %	42 33 %
rabbits	The optical cortex, light stimulation	excitatory	84 66 %	—	4	—	51 74 %	16 64 %	13 48 %
		inhibitory	44 34 %	—	3	—	18 26 %	9 36 %	14 52 %
rabbits	Somatosensory cortex, the cutaneous and muscular stimulation	excitatory	52 63 %	—	1	8	—	12 60 %	31 65 %
		inhibitory	30 37 %	—	3	—	2	8 40 %	17 35 %

of neuronal ensembles, when the ratio of excited and inhibited cell may remain the same.

Basing on the above mentioned data we consider, that the discovered stability of the ratio of excited and inhibited neurons is one of the important properties of neuronal set functional organization in analyzer fields of the brain cortex of the mammalia.

The study of neuronal organization of the brain reveals exceptionally complicated constructions of its central mechanisms. This complexity is the result of their continuous, century-old, adaptation by means of creating ever new forms of nerve cell organization. Tracing back the history, neurophysiology tries to understand what king of constructive perfection resulted in appearance of the most striking and mysterious natural phenomenon — the mental life.

Rostov-on-Don, Rostov State University.

A. B. KOGAN

L'ÉDUCATION POUR L'AVENIR ET LES TRADITIONS DE LA PENSÉE PÉDAGOGIQUE

En posant la question à quel point la théorie et la pratique pédagogique peuvent nous aider à réaliser les tâches éducatives difficiles posées par notre époque, l'auteur analyse les principaux courants pédagogiques: la pédagogie des valeurs absolues, indépendantes du temps et du lieu; la pédagogie basée sur les biens du passé; la pédagogie de la vie par le présent; et celle orientée vers l'avenir. L'intention de l'auteur est de souligner l'aspect créateur de la pédagogie organisant l'activité humaine en vue d'améliorer les conditions de la vie sociale.

Nous voudrions poser la question de savoir à quel point la théorie et la pratique pédagogique peuvent nous aider à réaliser les tâches éducatives difficiles que notre époque place devant nous.

1. - LA PÉDAGOGIE DES VALEURS ABSOLUES. — Le courant le plus ancien, le plus durable des considérations pédagogiques, qui persiste aujourd'hui encore, conçoit l'éducation du point de vue des valeurs éternelles. C'est de ce point de vue que l'on peut différencier la « véritable substance » de l'homme de sa vie empirique. Cette véritable substance de l'homme réside dans son association au monde des valeurs éternelles, toujours les mêmes et toujours également obligatoires pour tous les hommes, pendant que la vie empirique de l'homme s'écoule dans des circonstances diverses et variables de temps et de lieu. Cette différenciation signifie en même temps que l'on introduit dans la conception de l'homme un dualisme caractéristique en opposant la vie « véritable » à la vie « apparente »; la première porte un caractère intérieur et spirituel, la deuxième se déroule dans le monde extérieur, matériel et social.

L'éducation, conçue de ce point de vue, doit appeler l'homme à cette vie « véritable », elle doit le former intérieurement par le contact avec le monde des valeurs éternelles en l'élevant au-dessus du courant des évènements actuels tant sociaux que privés, qui ne sont qu'une couche extérieure de la vie véritable. L'éducation doit enseigner à l'homme à ne pas identifier son existence, menée dans les mesures de temps et de lieu déterminés, à cette « vie véritable » élevée au-dessus du courant des évènements historiques et du sort individuel de l'individu dans le milieu social. L'éducation est un appel spécifique à hiérarchiser ses propres expériences et les expériences psychologiques afin que tout ce qui lie les hommes à leur existence empirique occupe

la place la plus inférieure dans cette hiérarchie qui avance au premier plan le développement de la véritable « substance » de l'homme.

Cette conception de l'éducation met fortement en évidence le moralisme sévère de l'ascèse, qui conduit l'homme à l'obéissance envers le monde des valeurs éternelles; elle souligne la distance manifeste par rapport à la réalité empirique, aussi bien sociale qu'individuelle. Pour une éducation ainsi conçue, l'avenir est sans importance, il n'entre dans aucune catégorie de la vie humaine; dans chacune de ses phases en effet il doit être rempli par le même contenu fondamental qui constitue le « dialogue » entre la substance de l'homme et le monde des valeurs universelles éternelles.

Cette conception de l'éducation fut avancée pour la première fois par Platon, qui à vrai dire distinguait le monde des idées et le monde des ombres; il nous a appris à traiter la vie empirique comme irréelle devant la véritable existence idéale, mais parallèlement il a montré comment doit être organisée et gouvernée du point de vue de ce monde d'idées la république terrestre des hommes - comment doit être organisée leur éducation.

Les traits spécifiques de la solution platonicienne du problème de l'idée ont été repris dans la conception chrétienne de l'éducation.

La conception religieuse de l'éducation formée au Moyen Âge a persisté au cours des siècles suivants.

Au XXe siècle, nombreuses furent les tentatives faites pour codifier théoriquement les nouveaux courants de l'éducation fondée sur les valeurs absolues comprises au sens religieux du terme. Cela s'était manifesté, surtout en France, dans deux directions principales. La première était représentée par J. Maritain, la deuxième par E. Mounier. Au seuil des temps modernes, alors que le matérialisme français du XVIIIe siècle ébranlait les bases de la religion et de l'église dans la conscience des hommes instruits, la philosophie entreprenait la défense laïque des valeurs durables et universelles. Kant s'y est essayé en créant les bases de l'idéalisme objectif, développé plus tard par Fichte et Hegel. Dès lors et jusqu'au XXe siècle, passe un courant varié mais toutefois assez uniforme de l'idéalisme philosophique qui est la base de la compréhension de la valeur, en tant que quelque chose d'objectif et d'absolu. C'est précisément ce courant philosophique qui renforçait par de nouveaux éléments la conception de l'éducation en la fondant sur des valeurs durables et universelles.

La pédagogie des valeurs absolues ne peut nous être utile dans le travail consacré à l'édification de la théorie de l'éducation pour l'avenir. Cette éducation repose sur le principe que la vie « véritable » de l'homme c'est son existence concrète, que l'avenir représente la perspective d'une telle vie ultérieure et réelle des hommes. D'une vie réelle, c'est-à-dire d'un genre de vie où des processus nouveaux et importants s'opéreront pour l'homme, des processus qui porteront en eux leur

réalité. Du point de vue de la pédagogie des valeurs absolues par contre, la vie concrète des hommes est le seul terrain incarnant ces valeurs; tant le présent que l'avenir n'ont de réalité en soi; tout ce qui se passe en eux de la vie de l'homme, n'aura lieu que sur le plan de l'existence superficielle ou entièrement illusoire; il ne parvient pas au fond de l'existence « véritable ». Cette existence « véritable » doit être toujours le même « dialogue » de l'homme avec les valeurs éternelles. Selon nous, les problèmes les plus importants de l'homme - donc son éducation également - ne se trouvent pas sur cet axe. Ils se trouvent sur l'axe de la vie empirique, qui suit le cours du temps de l'histoire et avec lui change. Sur cette voie surgissent les conflits et les tâches. Sur cette voie se décide le juste et l'injuste de la fidèlité manifestée aux formes passagères de la vie; sur cette voie naissent les tendances nouvelles, opposées à notre existence actuelle, qui exigent la décision du choix; sur cette voie se façonne l'aspect empirique de notre vie individuelle inclue dans le courant du développement social et économique, l'aspect vraiment réel et seul véritable; sur cette voie se déroule notre plus importante controverse entre le conservatisme, qui veut maintenir le passé, l'opportunisme qui ne dépasse pas le présent et la mise au service des forces créatrices de l'avenir.

Lorsqu'on traite d'existence superficielle de vie concrète des hommes comparativement à la « vie véritable » qui doit se façonner par la rencontre de l'esprit avec les valeurs absolues, on perd de vue cette existence humaine véritablement réelle, quotidienne, par excellence véritable. On perd de vue son problème essentiel - la voie vers l'avenir qui nous détache du passé et du présent, aussi bien de notre propre voie que de la voie historico-sociale. L'éducation pour l'avenir, qui entend aborder ce problème, diffère donc essentiellement de cette pédagogie des valeurs absolues.

2. - La conception traditionaliste de l'éducation. — La théorie de l'éducation comme formation de l'homme à partir des valeurs absolues, invariables et indépendantes du temps et du lieu, n'a pas été l'unique théorie que le développement séculaire de la pensée pédagogique transmettait aux temps nouveaux. A son côté, étroitement liée à elle, existait la théorie traditionaliste. Elle concevait l'éducation comme la transmission à la jeune génération des biens accumulés dans le passé.

L'éducation devait greffer le passé sur le présent pour le maintenir dans l'avenir. L'élève devenait le point permettant aux réalisations des siècles passés de gagner saines et sauves l'autre rive du courant actuel, pour y garantir dans l'avenir la création d'une vie d'égales conformation et signification. Le présent n'était en sorte qu'un instrument, grâce auquel la vie qui allait vers le passé trouvait une continuation dans l'avenir. Faire le présent tel que l'avenir qui en découle

confirme le passé et, à son tour, allant dans l'histoire révolue, s'amalgame à ce passé encore plus ancien et devienne avec lui une exigence uniforme pour le nouveau présent - telle était la noble vocation des éducateurs.

Les écoles de l'Europe contemporaine étaient foncièrement traditionalistes concernant leur programme et l'éducation. Les facteurs religieux y ont coopéré avec les facteurs laïques, humanistes. Tout le vrai et le beau ont été réalisés dans le passé et ont été exprimés selon les uns dans la Bible, selon les autres dans l'histoire des Grecs et des Romains. L'éducation doit transmettre à la jeunesse ces trésors, cultivés dans la tradition de l'église comme par les efforts des humanistes. Et c'est ce que l'on faisait dans les écoles.

Plus le progrès de la civilisation moderne associé au développement économique était rapide, plus s'aggravait le conflit entre l'éducation traditionnelle et les besoins du présent et de l'avenir. Ce conflit faisait que les conceptions traditionalistes de l'éducation s'imprégnaient de plus en plus de conservatisme social et se marquait même de traits réactionnaires.

La conception traditionnelle de l'éducation a trouvé encore une autre expression moderne dans la pédagogie de la culture.

La pédagogie de la culture concevait la formation de la personnalité en tant que processus d'introversion consistant en un mode spécifique de « s'occuper de soi-même », « de prendre » soin de soi. Elle devenait une formule plus moderne, éventuellement laïque, de la vieille théorie chrétienne du souci de l'âme. Suivant cette théorie, l'homme doit passer par ce monde temporel les yeux fixés vers les seuls buts « célestes » et tous ses efforts doivent tendre à l'accomplissement des devoirs spirituels et non à l'activité dans la vie temporelle. Toujours suivant la pédagogie de la culture, la vie réelle historico-sociale, ses formes concrètes, son contenu, ses tâches, doivent être traitées comme un terrain sur lequel et contre lequel l'individu construit sa propre personnalité. L' individu ne devait donc pas s'engager dans cette voie sociale concrète et réelle qui ne devait constituer que les « conditions » dans lesquelles il faut entreprendre et réaliser le programme « de l'acquisition d'une personnalité ».

Ce caractère des conceptions essentielles de la pédagogie était contraire aux besoins des temps modernes, aux tâches de l'édification par les hommes et pour les hommes d'un meilleur ordre dans tous les domaines de la vie. La directive de « l'acquisition d'une personnalité » différait essentiellement de celle qui nous paraît essentielle dans l'éducation pour l'avenir: la directive de l'engagement actif et responsable dans les grands travaux de la création par les hommes d'une vie meilleure pour tous.

Nos considérations indiquent qu'aucune des deux grandes conceptions de l'éducation que l'histoire de la pensée pédagogique nous a transmis, ne peut nous aider à résoudre nos principaux problèmes.

Aucune de ces deux conceptions n'a de compréhension pour le caractère spécifique de la tâche d'éducation de la jeune génération pour l'avenir qui différera du passé et même du présent.

Il est évident que l'éducation pour l'avenir ne peut omettre la question des valeurs durables et généralement obligatoires, elle ne peut également omettre l'héritage du passé. Mais aucune de ces questions ne peut devenir la base unique du système pédagogique, la seule tâche de l'activité éducative. Les deux questions doivent être subordonnées à la tâche la plus urgente et la plus réelle conditionnant véritablement le sort de la jeune génération: préparer à la vie dans le nouvel avenir.

3. - LA PÉDAGOGIE DE LA VIE PAR LE PRÉSENT. — Bien que la pédagogie des valeurs absolues et celle des valeurs traditionnelles représentent d'importantes composantes de l'actuelle pensée éducative, elles n'en sont pas le tout. Dans la lutte contre ces pédagogies une tout autre conception de l'éducation se développe. Elle proclame que l'éducation de l'enfant doit être une culture de ses forces évolutives et non une formation ou un malaxage suivant des principes et des modèles imposés d'en haut. L'éducation dans ce sens doit être la vie même, et non une préparation à la vie. Elle doit servir les besoins qui se manifestent et non poser des buts. Elle doit par conséquent être basée sur le caractère présent de la vie de l'enfant et ne pas traiter cette vie comme un élément à transformer.

Les premières tentatives de s'opposer aux vieilles conceptions proviennent de l'époque de la Renaissance. Pendant que la vie entière de ces temps tente de se libérer du poids d'ordres et de modèles fondés sur les valeurs traditionnelles et absolues, on parvient à la conviction que dans l'éducation également il faut détendre le système de l'imposition et de l'exigence. Les humanistes s'y efforcent en luttant contre l'école scolastique, mais ils succombent eux-mêmes rapidement aux tentations de la routine surgie des canons de l'instruction humaniste. Vittorino de Feltre crée néanmoins « l'école joyeuse » et Erasme Rotterdam, en persiflant de nombreuses bêtises, indique comment véritablement travaille le cerveau. Un pas en avant dans la confiance envers les expériences de la vie individuelle courante est fait par Rabelais et Montaigne; Vives s'essaie à la psychologie de l'éducation. Dans le siècle suivant, Komeński commencera sa grande oeuvre de rénovation de l'école, de son adaptation à la réalité qui l'entoure et à la nature de l'enfant.

Rousseau, Pestalozzi et Froebel prolongeront ensuite cette pensée. Elle se développera au XIXe et au XXe siècle grâce à la littérature et au progrès des sciences naturelles.

Les pédagogues de ce courant ne voulaient pas traiter le développement comme graduation, ils se refusaient à se préparer à quelque chose dans l'avenir et, dans le développement, ils veulent toujours voir les

valeurs actuelles, se suffisant à elles-mêmes dans cette actualité. L'enfance n'est pas une préparation à l'adolescence, et l'âge jeune n'est pas une préparation à l'âge viril. De même que toute la vie humaine sur la terre ne peut plus être aujourd'hui considérée comme un chemin vers la vie au ciel, - prêchait Dewey - de même aucune période de la vie terrestre ne peut être considérée comme un gradin menant vers le gradin suivant. Chacun à ses propres valeurs qu'il faut comprendre et expérimenter dans leur plénitude éphémère et par cela même unique. Ce n'est pas ce qui dure, mais justement ce qui passe qui paraît le plus précieux, car il nous est donné seulement pour un instant et une seule fois dans la vie. C'est pourquoi cette avidité avec laquelle les hommes veulent profiter des possibilités que leur offre le temps, doit être non seulement justifiée mais nettement recommandée. L'éducation doit cultiver le développement de l'individu afin que celui-ci puisse à tout moment profiter pleinement, dans la période ou à l'instant donné, de la « beauté de la vie ». L'éducation doit donc éliminer les obstacles et les freins, elle doit éveiller les besoins et les désirs, elle doit intensifier la capacité de la vie. Elle doit-être - comme l'a dit Claparède - une éducation fonctionnelle. L'éducateur ne doit pas poser des idéaux et des modèles selon lesquels il veut former l'élève. Il doit uniquement prendre soin de sa croissance, sans lui imposer des orientation ou des formes. Tout ce que l'on estimait autrefois nécessaire que l'éducation fasse, se fait de soi, si seulement nous veillons bien aux conditions de développement.

La conception libérale de l'éducation était maintes fois présentée comme plus moderne et satisfaisant mieux les besoins spécifiques de l'heure présente. Comparée à la conception absolue, rigoriste et dogmatique, et à la conception traditionnelle prépondérante, puisant dans le passé les valeurs et les normes obligatoires - la conception libérale paraissait plus susceptible de s'adapter à toutes les nouveautés apportées par le courant de la vie. Sa lutte contre le traditionalisme sous tous ses aspects, paraissait être une lutte pour la défense des droits du nouvel avenir - d'autant plus que les partisans de cette conception soulignaient maintes fois le caractère spontané du développement qui s'accomplissait par ses propres premisses antérieures et non par soumission au passé.

Mais cette conception ne peut non plus être retenue comme suffisante en présence des besoins de l'éducation pour l'avenir. Avant tout on ne peut fonder sur elle, ni à plus forte raison résoudre le problème essentiel de l'éducation pour l'avenir, notamment le problème de l'orientation.

L'éducation pour l'avenir ne peut être une éducation sans direction des forces mûrissantes. Nous entrons dans une époque à structure de base sûre et visible; l'éducation doit préparer la jeune génération à être en mesure d'accomplir le travail qui l'attend; bien qu'il

soit impossible de la prévoir en détails, on ne peut ne pas en montrer les tâches essentielles, ni insister sur le développement de certaines connaissances et capacités requises par ces tâches.

L'éducation pour l'avenir veut et doit être une éducation orientée. Elle ne peut ni ne doit conduire nulle part, ne diriger vers rien, mais elle doit seulement entourer de protection les forces spirituelles de la jeune génération, avoir confiance que leur propre maturation indiquera la voie vers l'avenir, et amènera la jeunesse à participer à la réalité qui s'édifie.

4. - L'AVENIR AU SERVICE DU PRÉSENT HISTORIQUE. — La pédagogie actualiste défendait l'homme et sa vie présente de l'autorité des valeurs éternelles et traditionnelles, elle l'encourageait à vivre à sa façon. Mais cette défense du présent pouvait être effectuée non seulement du point de vue individualiste mais du point de vue de l'histoire sociale courante.

Machiavel formule cela pour la première fois, en enseignant comment doit agir un souverain et, en même temps, comment doivent agir les citoyens. Au XIXe et XXe siècles, la pensée de Machiavel a gagné des partisans parmi tous ceux pour qui les principes du nationalisme puis de l'impérialisme représentaient les principales lignes directrices de la politique.

Toutes ces tendances pédagogiques ont pour trait caractéristique la conviction que l'activité éducative doit être concentrée autour de la fonction sociale de l'homme.

Cette pédagogie du rôle social diffère de plus en plus de la pédagogie des valeurs absolues et des valeurs traditionnelles du fait qu'elle tient toujours moins compte de la vie intérieure de l'homme, de ses sensations spirituelles, de ses devoirs spirituels; elle s'intéresse de plus en plus exclusivement au rôle social de l'homme, à son aspect social.

Cette pédagogie du rôle social, apercevait-elle les perspectives de l'éducation pour l'avenir? En abandonnant les exigences des valeurs éternelles et celles de la tradition, en introduisant éventuellement ces deux genres d'exigences dans les dimensions du costume extérieur de la vie, de la forme extérieure - la pédagogie du rôle social, enracinée dans le présent, s'ouvrait une voie et une vue sur l'avenir.

Les regards étaient très limités. La pédagogie du rôle social était une pédagogie qui acceptait la stabilisation des relations. C'est compréhensible et il ne pouvait en être autrement. Chaque pédagogie du rôle social - et cela se manifestera encore une fois dans la pédagogie de l'adaptation au XXe siècle - doit être une reconnaissance du caractère durable de la situation dans laquelle s'effectue ce rôle. Parlant des rôles sociaux, on pense à ceux où l'individu ne s'engage pas sur le fond, n'apprécie pas, ne critique pas, ne tend pas aux changements; une telle

participation dans laquelle « il se montre » pour obtenir l'approbation de l'entourage. On ne peut contester le système existant des relations car il constitue la base des règles du jeu à observer par l'individu qui apparaît sur l'arène sociale. Le gentleman ne peut être un révolutionnaire.

Le regard dans l'avenir qui caractérise la pédagogie du rôle social est par conséquent une prévision que le présent se prolongera dans l'avenir. On peut s'attendre à certains changements de la situation et à certaines possibilités de l'avancement social ou officiel - mais dans le cadre du même système des rapports de base qui existe aujourd'hui, dans le cadre des mêmes exigences et des mêmes modèles. Cette manière conservatrice de voir dans l'avenir se manifeste nettement dans le traité pédagogique de Locke.

Durkheim adopte exactement la même attitude.

L'avenir - selon Durkheim - ne doit pas être vu en réparation de l'état actuel des choses; seuls les utopistes le voient ainsi. L'avenir est une continuation du présent. Le principe de l'évolution - de même que chez Spencer - sert à motiver la nécessité des métamorphoses lentes; l'évolution exclut la révolution. C'est pourquoi seule une éducation ajustant au mieux l'individu à l'étape en cours du développement, aux relations qui règnent dans le présent - peut bien servir l'avenir. L'avenir dont il peut s'agir dans l'éducation, est seulement la durée du présent historique existant. La préparation à un avenir ainsi conçu se cadre donc entièrement dans l'adaptation au présent.

5. - L'ESSENCE ET LA GÉNÉALOGIE DE L'ÉDUCATION POUR L'AVENIR. — La revue que nous venons de faire montre combien de courants de la pensée pédagogique n'ont pas apprécié, jusqu'à ces derniers temps, l'importance des problèmes de l'avenir dans l'éducation.

L'éducation pour l'avenir exprime cette conviction que la réalité présente n'est pas la seule réalité et que, par conséquent, elle n'est pas la seule instance de l'éducation. Cette instance c'est la réalité future. Dans la définition de cette réalité future viennent en convergence ce qui est une nécessité historique et ce qui est la réalisation de nos idéaux. Cette nécessité protège contre l'utopie, l'activité contre le fatalisme.

Il est particulièrement important que le principe de l'éducation pour l'avenir brise le cercle étroit du présent. Cela consiste à éliminer le fétichisme du présent qui n'admet pas la critique de la réalité existante. Un tel fétichisme freine et sape l'activité éducative, réduit à l'opportunisme. L'éducation pour l'avenir suppose la critique du présent; la portée de cette critique peut être diverse, mais elle doit englober toujours ce qui est surranné, ce qui ne suit pas le cours de l'histoire, ce qui va devenir un frein pénible, ce qui est encore insuffisamment développé, ce qui n'est pas encore parfait. Autrement dit, cette criti-

que doit accélérer le dépérissement de tout ce qui est vieux, partout où ce processus est nécessaire et utile; elle doit en même temps accélérer la naissance de ce qui est nouveau partout où ce processus s'effectue trop lentement ou d'une manière inadéquate.

Pour se livrer à une telle critique il faut avoir des idéaux allant au-delà du temps présent; dans ce sens l'éducation pour l'avenir se réfère aux principes de ce grand courant de la pédagogie que nous appelons la pédagogie de l'idéal. Mais elle ne fait que s'y référer; la différence réelle réside en ce que cet idéal est compris comme ligne directrice de l'activité dans le présent, d'une activité qui doit transformer la réalité sociale conformément à l'idéal. Lorsque l'idéal qui permet de critiquer le présent, doit être une ligne directrice d'activité dans le présent, cela signifie qu'il doit conduire à organiser les forces actuelles, à mettre en relief l'importance de la lutte actuelle pour l'avenir, l'importance du choix actuel effectué par chaque homme. Dans ce sens l'éducation pour l'avenir se réfère aux principes du deuxième grand courant de la pensée pédagogique, la pédagogie de la vie. Mais elle ne fait que s'y référer - la différence essentielle consiste en ce que la vie est conçue ici comme l'édification actuelle de l'avenir.

En définissant ainsi les traités spécifiques de la pédagogie éducative pour l'avenir, nous indiquons par là même le caractère de ses traditions. C'est la tradition de ces courants pédagogiques qui n'ont pas accepté comme principe essentiel de l'éducation le principe de l'adaptation au présent. C'est la tradition aussi de ces courants pour lesquels la critique du présent devait être non pas un encouragement à le délaisser pour le monde des valeurs traditionnelles ou durables, mais un appel à réparer cette réalité.

6. - L'AVENIR DE L'ÉDUCATION ET LES DÉBUTS DE L'ÉDUCATION POUR L'AVENIR. — A l'époque de la Renaissance les utopistes se sont prononcés contre les opinions disant que la vie humaine doit être conçue comme la réalisation intérieure des valeurs éternelles et contre celles indiquant qu'elle doit être conçue comme l'obéissance par rapport à la tradition.

Les utopistes montrent l'avenir de l'éducation. Toutefois comme ils ne montrent jamais quelles voies mènent de la réalité dans ce monde d'utopies, comme celui-ci ne représente pour eux aucun but concret vers lequel les hommes s'acheminent - les utopistes ne parlent pas de l'éducation pour l'avenir. Mais le fait qu'ils font apparaître le tableau d'une éducation entièrement différente de celle qui existait et existe, le tableau d'une société complètement nouvelle, décide de leur importance dans le monde ce ces temps. La pensée des utopistes ébranle les dogmes et les routines; elle est dangereuse, car elle montre qu'il peut en être « autrement ».

Ne pourrait-on pas tenter de faire de l'utopie réalité. Ce n'est pas une question rhétorique. Komenski a justement puisé sa foi et même ses pensées dans l'esprit de l'utopie. Son « Orbis Pictus » réalise dans le livre l'idée de Campanella, que les murs de la cité sont ornés d'images systématiquement disposées, représentant l'ensemble de la connaissance; sa « panshopie » réalise les idées sur les sciences qui guident la vie et sont accessibles à tous. Mais Komenski ne voulait pas s'arrêter à l'utopie; il voulait amender l'école et l'église, il voulait réparer le monde, il voulait conduire vers une meilleure vie sur la terre. Il cherchait les lignes directrices de l'action.

Et là précisément nous parvenons à la question essentielle. A la question de la conception nouvelle des valeurs durables et universelles, à une conception telle que ces valeurs puissent organiser l'activité humaine en vue d'améliorer les conditions de la vie sociale.

C'est dans la direction indiquée par Komenski qu'était orientée l'activité des pédagogues du Siècle des Lumières; ayant dévoilé les principes de « l'ordre physique et moral » qui règne dans le monde - comme l'a défini Kollataj - ils ont tenté d'en déduire les principales indications pour l'activité éducative. Ces indications concernaient la conduite de l'homme dans le monde réel, dans le monde social. Les principes durables et universels, « naturels » de la conduite et de la coexistence des hommes, devenaient ainsi une force qui révolutionnait les rapports établis et les habitudes, la moralité et l'atmosphère intellectuelle qui régnaient.

7. - La théorie marxiste et l'éducation pour l'avenir. — Il résulte de ces considérations que le courant issu des tendances à réaliser les visions utopiques d'un ordre meilleur de la vie sociale, était le courant le plus créateur de la pensée pédagogique de la Renaissance et du Siècle des Lumières.

La vague utopique réapparait au XIXe siècle mais déjà à un échelon supérieur de développement historique et de nouveaux problèmes surgissent pour sa réalisation. Prolongeant l'héritage des utopistes de la Renaissance et du Siècle des Lumières, la pensée utopique du XIXe siècle discerne plus nettement les déficiences et les erreurs du présent et trace avec plus de courage social le tableau de la nouvelle société. Parallèlement elle traite beaucoup plus résolument et plus nettement cette vision comme celle de notre avenir et non comme un récit fictif de la vie, qui s'oppose à la nôtre en dehors de la mesure du temps et de l'espace. L'utopie cesse d'être une rélation de la vie d'un peuple mystérieux d'îles inconnues et d'un temps ignoré elle devient la vision de l'avenir qui se profile. Si même les utopistes de XIXe siècle ne savent pas dire comment on parviendra à cet avenir, grâce à quoi il deviendra réalité, ils associent toujours leurs tableaux à l'espérance de la réalisation. De plus les utopistes font des efforts pour réaliser

ce tableau utopique de l'avenir. On peut dire que ces efforts ne sont eux-mêmes qu'une illusion utopique, mais il ne fait aucun doute qu'ils sont aussi une réalité spécifique en son genre. L'Etat de l'Atlantide, l'Etat du soleil, ne doivent pas seulement être opposés à la vie contemporaine pour l'espérance ou l'amertume humaine, ils doivent être réalisés; de telles tentatives doivent être entreprises en dépit des difficultés, des désillusions, des défaites.

Eduquer des hommes nouveaux dans ce monde réfractaire et hostile, les éduquer de telle sorte qu'ils puissent créer une nouvelle et excellente vie sociale - était le principe de l'activité des utopistes de la première moitié du XIXe siècle. Dans leurs écrits et dans leur pratique apparaissait pour la première fois si nettement, la conception de l'éducation pour l'avenir: de l'éducation des hommes dans la controverse avec le présent, mais non dans la fuite du présent, l'éducation des hommes suivant les idéaux qui différaient de la vie contemporaine mais qui devait être déjà « maintenant et ici » absorbés et réalisés.

Lorsque les utopistes promettaient de réaliser leurs visions utopiques par des moyens utopiques le socialisme scientifique tendait à comprendre les lois objectives de l'histoire et à organiser l'activité révolutionnaire des masses ouvrières opprimées. Ces deux instances devaient garantir que l'avenir sera différent du passé et du présent; les espérances et la réalisation de l'utopie prenaient des formes réelles.

Le problème de la réalisation de l'utopie était ainsi abordé pour la deuxième fois dans l'histoire contemporaine de l'Europe. Mais comme l'utopie de naguère, l'utopie socialiste elle aussi dépassait déjà sensiblement les horizons des utopies antérieures; de même le problème de la réalisation de ce programme plus hardi prenait un élan aussi bien philosophique que politique.

La science marxiste est la science de la limite révolutionnaire divisant le cours de l'histoire. L'éducation pour l'avenir acquiert un sens entièrement nouveau grâce à cette science. A l'époque du règne du capitalisme, l'éducation pour l'avenir ne doit pas signifier une adaptation aux rapports existants, étant donné que l'on ne conçoit pas l'avenir comme une continuation du présent mais comme sa négation. L'éducation pour l'avenir doit être l'éducation qui oppose les élèves à leur présent, les révolte contre lui, leur enseigne à lutter contre les rapports existants.

Ce qui était le principal contenu de la pensée utopique qui s'opposait à la réalité existante, ce qui était le contenu principal de la pédagogie qui s'efforçait de réformer le monde - trouve ici son complément et des indications de possibilités de réalisation. L'éducation pour l'avenir devient ici une véritable éducation pour l'avenir et non seulement une éducation pour la durée future du présent.

Warszawa, Polska Akademia Nauk.

B. SUCHODOLSKI

THE SIZE OF THE UNIVERSE IN GREEK THOUGHT

The cosmological achievements of the Renaissance can be put under two headings: — 1) A group of mathematically oriented scientists, consisting mainly of Cusanus, Copernicus, Galileo, Kepler, and Newton, gradually and for all time to come, divested the traditional Greek model of the Universe of all its impeding and frustrating features of centrality, circularity, and sphericality. — 2) Another group, consisting mainly, but not exclusively, of philosophers, with Giordano Bruno in the vanguard, strove to divest the traditional Greek model of all features of finiteness of size, and to make the Universe as wide-open and as all-infinite as possible. Now, the cosmological theories of the 20th century, both the relativistic and the telescopic ones, have restricted and even repudiadte the assertions of the second group, and, in our view, have vindicated and enhanced Greek presumptions about the size of the universe. The Greeks maintained, very judiciously, that the universe has an « indefinite » size, or that it is « complete » by size, and we are attempting to elucidate the meaning of these two possibilities in the light of present-day knowledge.

1. - INTRODUCTION. — Is the universe infinite or finite?

Before proceeding with any analysis of this question we might be expected to define, with some precision, what, for our context, the attributes of Infinite and Finite are meant to be; but this we cannot and will not do. The purpose of the present study is to force the above question on Greek cosmology, and to try to elicit from it what kind of answer or answers to the question were implied, or contained in the development of Greek thought. However, Greek cosmologies were not built on anterior concepts of Finite, Infinite, and suchlike, but, on the contrary, were an important setting for the development of such notions, and it would therefore be contrary to our purpose to start out with fixed conceptions on our part. Rather, we are assuming that we are given citizens' conceptions of Finite and Infinite, common to a general stratum of intellectuals, and we are asking again: is the universe infinite or finite?

The 19th century took it generally for granted that the universe is infinite, even as all-infinite and wide-open as Giordano Bruno (1548-1600) had depicted it [1], although as seen from our retrospect, there were some adumbrations of other developments yet to come [2]. A decisive change occurred early in the 20th century, with a publication, in 1917, of a memoir by Albert Einstein [3]. He bluntly suggested, as a scientific speculation, that the universe might be not only finite, but even closed, that is topologically compact, which is the most restrictive mode of finiteness there is; and ever since, our whole world, both of reality and of thought, has not been the same again, literally so. There are nowadays many cosmological models under scrutiny, some finite, and some not, and, for instance, the models with « conti-

nual creation » (Bondi, Gold, and Hoyle) are rather removed from ordinary finiteness, but even the latter universes are not as untrammeled in their unboundedness as the public's universe between 1700 and 1900 A. D. used to be.

The following can be taken as a measure of the change in outlook. In England, in the 17th and 18th centuries, the Platonist Henry More (1614-1687) and the scholar Richard Bentley (1662-1742), among others, insisted on the infinity of the universe virtually as a profession of Anglican faith [5]; but, in the 20th century, in 1931, the bishop of Birmingham, the mathematician, natural philosopher and church scholar Ernest William Barnes (1874-1953), stated: « It is fairly certain that our space is finite, though unbounded. Infinite space is simply a scandal to human thought ... the alternatives are incredible » [6].

On the whole, in our contemporary thought the size of the universe is somewhere between finite and infinite, and the theme of the present paper is the fact that, from naiveté or precociousness, such was also the case in Greek thought. Especially, Aristotle's universe was not quite as finite as usually presented, and the universe of the first atomists Leucippus and Democritus was certainly not as infinite as sometimes asserted. As to its extent, the Greek universe was, for the most part, « indefinite », but in Parmenides its structure is « complete », and it is the main aim of the present study to suggest that this notion of Complete lends itself to a certain measure of mathematization, even if the notion of Indefinite probably does not.

Yet, the notion of Indefinite, however unrigorous, runs through the entire course of modern cosmology too. René Descartes (1596-1650), the modern paragon of Right Reason and Clear Thinking, called his universe, which he termed *extension*, indefinite, and no amount of badgering by Henry More made him change this into infinite [7]. Also, Nicolas Copernicus (1473-1543) before Descartes, and Isaac Newton (1642-1727) after Descartes, both called the size of the universe « immense », which was their version of « indefinite », and nothing would make them change either [8]. Finally, presentday assessments of « the Depth of the Expanding Universe » are couched in similar terms. Even if one considers the possibility that ever more powerful telescopes would reveal ever more galaxies, yet the red-shift in the waves coming from the distant galaxies - whether it be explained on the theory of Edwin P. Hubble (1889-1953) or on the theory of E. A. Milne (1896-1950) - reduces the « effective » presence of distant galaxies relative to us, the more so the more remote the galaxy; thus, in a peculiar sense there arises a « rim of the universe » at which the galaxies « fade into nothingness » [9], which is a manner of saying that the size of the universe is indefinite rather than infinite.

Before turning to our topic itself, I wish to state, expressly and with emphasis, that we are not in the least suggesting that, in cosmology,

the 20th century resumed where Classical Antiquity left off. Far from it. The Greeks, most clumsily, clogged their models of the universe with various features of centrality, circularity, and sphericality, which were restrictive, frustrating, and exasperating; and it required protracted exertions by Cusanus, Copernicus, Galileo, Kepler, and Newton, to clear these impediments away [10]. We are only suggesting that in the question of the overall size of the universe the Greeks had remarkable anticipations, and that they arrived at insights which are somehow perdurable.

2. - THE INFINITE AND THE FINITE. — The common Greek word for « The Infinite » is *to apeiron* (τὸ ἄπειρον; *a* = non, *peras* = bound, limit) [11], and it has many uses, in Science and Letters, and Poetry and Prose [12]. In its meaning - which has to be elicited from the context - *apeiron* ranges from: infinite, illimited, unbounded, through the exceedingly important byways of: indefinite, undetermined, undefinable, down to: immense, vast, huge, etc. [13].

Apeiron became a word of Western stature at the very beginning of Greek Rational Philosophy, when it was made into a keyword of natural philosophy by Anaximander of Miletus (610-545 B.C.), a younger contemporary of Thales, of whom Diogenes Laertius ventured to say, that it was Anaximander - and thus not Thales - with whom (Greek) speculative philosophy actually began [14].

Long before that, *apeiron* occurs, directly or by a near cognate, a few times in Homer, and the *Iliad* virtually opens and closes with it. In fact, in chant I of the *Iliad*, in line 13, the priest Chryses is said to carry to the ships of the Achaeans, a *huge* ransom (ἀπερείσ' ἄποινα; apereisi' apoina) for the freeing of his daughter. And in chant 24, line 776 expresses that it was a *countless* throng (δῆμος ἀπείρων; *demos apeiron*), before whom Helen spoke for the last time, wailingly.

On the other hand, long after Anaximander, on the threshold of the second phase of Greek civilization, nemely in the beginning of Hellenism (325-300 B.C.), *apeiron* occurs in one of the most celebrated sentences from Greek mathematics, namely in Euclid's axiom on parallels, thus:

« That, if a straight line falling on two straight lines makes the interior angles on the same side less than two right angles, the two straight lines, if produced *indefinitely* (ἐπ' ἄπειρον; ep' *apeiron*), meet on that side on which are the angles less than two right angles » [15].

There was such a diversity of shadings of the meaning of *apeiron* that no overall antonym to it could be formed. If *apeiron* means *infinite* in a quantitative sense, then its usual antonym, with the meaning of *finite*, is *peperasmenon* (πεπερασμένον) [16]. But, unlike *apeiron*,

peperasmenon never acquired a literary cachet. It was not used by poets or poeticaly oriented Presocratic philosophers, and even Pythagoreans were not attracted to it. Aristotle reports on a Pythagorean table of 10 pairs of opposites, which is headed by the pair finite-infinite. The word used for infinite is of course *apeiron*; however, the word for finite is simply the noun *peras* (bound; πέρας) [17], and Plato imitates this Pythagorean usage in a lengthy passage in the dialogue *Philebus* (23 C - 26D) [18].

An interesting expression for *finite* occurs in Parmenides (6th century B.C.). Actually, as we will try to show later on, the Parmenidean notion of *finite* is nearer to our conception of *complete* than to our true conception of *finite*, but for the present this need not be taken into account. Parmenides constructs, out of his own imagery, an extraordinary universe, a kind of sphere (σφαῖρα; sphaira) [19], in which cosmological and ontological features strangely blend. This sphere is in some sense *finite*, and Parmenides expresses this by saying, twice, that it is *en peirasi* (ἐν πείρασι) [20], which can be translated either by: *in* bounds [21], or by *within* bounds (or limits) [22]. The second translation has the advantage, if an advantage it be, that in present-day mathematics it could pass as an equivalent for the technical term *finite*; although, in its own contexts in Parmenides, the word *peiras* exudes a vigor and mystique of poetry [23].

3. - THE INDEFINITE. — Biblical poetry glories in the Divine Creation of the Universe, but there seem to be no allusions to the infinite or indefinite size of cosmic dimensions. But in the works of Homer and Hesiod, although they are much less theocratic, there are formulaic expressions about the vastness of Earth and Sea, and the word *apeiron* and equivalents occur [24]. The oldest Greek expressions of vastness refer to horizontal extensions, and statements of an indefinite extent of what is vertically above or below the horizon were slower in emerging. There is in Hesiod an allusion to the depth of Tartarus but not a statement that it is indefinitely great [25].

However, from the 6th century B.C. there are preserved two clear poetic expressions about the indefinite (*apeiron*) extent of what is underneath the surface of the Earth, one in a fragment attributed, somewhat uncertainly, to the great lyrical poet Pindarus, and the other in a fragment of Xenophanes, a poet of Theology and Natural Philosophy.

The first fragment (# 130 Bergk), a dirge (*threnos*), says this about rivers of Hell:

« From the other side sluggish streams of darksome night belch forth a boundless (*apeiron*) gloom » [26].

The fragment of Xenophanes (B28, Diels-Kranz), in an excellent translation by Guthrie, is as follows:

At our feet
We see this upper limit of the Earth
coterminus with air, but underneath
it stretches *without limit* (es apeiron) [27].

The *apeiron* in this fragment clearly refers only to what is under the surface and it is not justified [28] to apply it also to what is above the horizon. It is less clear whether *apeiron* in this fragment means indefinite or infinite. Commentators have been debating the point for the last 100 years, and most of them opt for indefinite [29]. For my part I suspect that Xenophanes was somewhat fuzzy in logical thinking, did not have in his mind a clear distinction between infinite and indefinite, and would not have grasped what the debating of our commentators is about.

About 200 years after Xenophanes had made this pronouncement about the Depth of the Underneath, Aristotle was apparently reminded of it, when in *De Caelo* (294a 11 - 294b 30) he collected views of predecessors on how and why the Earth is at rest in the universe, as it seemingly is. Aristotle avers that some of the solutions of the problem offered are worse than no solution, and he outright assails Xenophanes — of whom he altogether did not have a very high opinion [30] — for saying that the Earth « pushed its roots to infinity » (*ep' apeiron*), thus suggesting that it extends downwards indefinitely. And Aristotle buttresses his indictment of Xenophanes by quoting, verbatim, a passage from Empedocles which — without mentioning names — sharply rebukes all those who, ignorantly but mouthfully, assert that the deeps of the Earth and the ample ether are unbounded (*apeiron*) [31].

We have recited this because, very long after Aristotle, in the 6th century A.D. in the twilight time between Latest Antiquity and Earliest Dark Ages, Simplicius, the great Aristotle commentator, has made to all this the following brilliant observation (Xenophanes, fragment A47, Diels-Kranz) which could be lifted from a chapter on relativity of motion in a presentday book on Principles of Mechanics.

« I have never had an occasion to read the pertinent lines of Xenophanes, and thus I do not know whether in saying that the underneath of the earth is infinite (*apeiron*) he understood that it [that is, the earth] is immobile, or that the space, and the ether under the earth, is infinite so that the earth appears to be at rest even though it is unceasingly moving downwards ».

This is followed in Simplicius by the following mild criticism of Aristotle and Empedocles:

« For, neither does Aristotle clarify the matter, nor do the verses of Empedocles analyze it clearly; in fact, « deeps of the earth » could also signify those « stretches » into which it descends ».

The observation on the relativity of motion is good Science, the criticism however is doubtful History of Science. There is nothing

to suggest that the original text of Xenophanes, even in full, would have enlightemed Simplicius on his alternative, or in fact whether Xenophanes was intellectually equipped to comprehend its meaning. Scientific pronouncements in the 6th century B.C., however « rational », were still aphoristic and oracular, rather than systematic and analytical, and only in the course of the 5th century B.C. would the query of Simplicius have become generally comprehensible.

Aristotle was already half-aware of this complication incident to historical developments [32], and, on the whole, when judging a philosopher's formal rigor of reasoning, Aristotle tended to be the less exacting, the earlier the activity of the philosopher. Thus, although Aristotle was already fairly critical of Xenophanes, he was still quite understanding towards Anaximander, who had lived about half a century earlier than Xenophanes, and Aristotle was probing the « true » meaning of Anaximander's *apeiron* with restraint, patience and respect.

It is a known fact that Aristotle is obviously reluctant to mention Anaximander by name. In the lengthy essay on *apeiron* in Physica, Book 3, chapters 4-8, Anaximander is mentioned only once, in 203b 14, and even there not in the midst of one of the basic statements about the conception of the Infinite, and of its modes of existence and occurrence, but only within a near-liturgical declaration that the Infinite is divinely immortal and everlasting. This reluctance can be explained by the assumption that Aristotle, even with the book of Anaximander before his eyes, was not able to make out, in depth, what Anaximander's own *apeiron* really was, or was intended to be — as a datum of science, that is, — and that therefore Aristotle had to establish on his own what *apeiron* really was, « objectively », so to speak.

Aristotle's difficulties can be understood if one considers that the book of Anaximander was already over 200 years old when Aristotle was writing his own essay on *apeiron*; that it was the first book on the Science of Nature [33] perhaps a compendium of various sciences with a chapter on *apeiron* prefixed [34]; and that, by a statement in Simplicius — which may have originated with Theophrastus, the disciple and successor to Aristotle — Anaximander, in his writing, was using metaphors which were not easy to interpret [35]. Also, it happens frequently in pioneering works of science that the first author's statements about a novel conception of his, or about a novel interpretation of a previously occurring conception, are voluble, ambiguous, over-determined, and inconsistent. There are indications that Anaximander's *apeiron* was something « Undetermined », and that it combined various aspects of indeterminacy which were somehow merging into each other. In Anaximander's vision of *apeiron* there were apparently involved, many-in-one, a « macroscopic » indefiniteness of size; a « microscopic » indefiniteness of divisibility; and an indefiniteness of the physical nature of a peculiar generative substance, an *arché*, which was neither

space nor matter, yet perdured in an indefinite eternity, was responsible for growth and decay, and embodied the divine attributes of the imperishable and the immortal.

In science, such accumulations of traits of indefiniteness in one overall conception are not at all a mark of primitiveness or of hoary antiquity, and they are likely to come about whenever observation, or experimentation, has outrun ratiocination. By any account of the physics of Descartes [36], his *matière subtile*, especially when « fused » with his *extension*, has all the attributes of an *apeiron* as enumerated. Especially, as already stated in the Introduction, Descartes firmly maintained that the size of his *extension* is indefinite and not infinite; and we are going to adduce another example of the proximity of basic tenets of Descartes to Greek antecedents. The Greeks never identified their space of Nature, which was *chora* or *topos* (= place) [37], with their space of mathematics; and for the latter space they even did not have a conceptual name, not anywhere in Euclid, Archimedes, Apollonius, and other sources. Descartes does have a conceptual name for the space of his *La Géometrie*, calling it, very maturely, *espace qui a trois dimensions* [38], but he apparently does not « identify » it with his *extension*, which, from what I can see, is his space of physics that corresponds to the Greek *chora-topos*.

A more recent *apeiron*, which, in a sense, is descendent from the Cartesian « subtle matter », is the Aether of the 19th century electrodynamics; it has retained, in modified form, the principal traits of Cartesian indefiniteness, as can be inferred from systematic works about it [39].

Finally, the 20th century has created an entirely novel *apeiron*, namely the Elementary Particles, and all features of indefiniteness of the original *apeiron* of Anaximander are present, and yet startlingly different. The « macroscopic » indefiniteness of size has become the law of Max Born that for large assemblages of particles in space the density of occurrence is a probability and not a certainty; the « microscopic » indefiniteness is the so-called indeterminacy law of Werner Heisenberg that for two or more quantitative attributes of a particle there are theoretically fixed lower bounds for the optimal degrees of precision with which the quantities can be observed conjointly; the indefiniteness of the physical nature of the *arché* has became the law of Louis de Broglie that every elementary particle has two possible realizations, a corpuscular and an undulatory, depending on the setting; they are « imperishable » and « immortal », in the sense that « annihilation » and « creation » of particles is nothing other than a transmutation of one kind into another; and lastly the particles are paired in opposites of « Particle » and « Anti-Particle », and presentday explanations for this are, in truth, not more convincing than Pythagorean explanations of the even-odd, one-many, square-oblong, etc. [40].

Returning to the Greeks we observe that then as today physics was propelled by visionaries and by workers, and if Anaximander was a visionary then his younger compatriot Anaximenes was a worker, one of the model-physicist-workers of all times. If « le style, c'est l'homme », then a penetrating characterization of Anaximenes was given by Diogenes Laertius when saying of Anaximenes, eight centuries after his time: « He writes simply and unaffectedly in the Ionic dialect » [41]. Also, Diogenes usually tries, if he can, to report some enlivening anecdotes about his « eminent philosophers », but Anaximenes is one of those about whom he knows none.

Anaximenes, being a solid physicist of his era, was much concerned with the occurrence of various states of aggregation in nature, and he taught that they arise by suitable physico-chemical transformations of a single generative substance, which he called *air* (ἀήρ; *aer*), whatever it really was. Apparently the universe as a whole was for Anaximenes one large physical system, the largest there is, and he was reluctant to make a statement about his air or his universe, that it was *apeiron*, that is, indefinite or infinite [42]; except that in the only surviving fragment of his (Bl, Diels-Kranz), which is not very reliable, Anaximenes says: « Just as our soul, which is air, holds us together, so *pneuma* (πνεῦμα; *breath*?) and air surround the whole cosmos »; and this is usually taken to imply that, for Anaximenes, the cosmos is *immense* or *indefinitely large*, or so, because of the following intriguing parallelism.

According to Aristotle, a fairly early Pythagorean speculation in cosmology links *pneuma* with *apeiron*, together with *Void* (κενόν; kenon) and *Number* (ἀριθμός; arithmos), and Aristotle puts it thus (Physica, Book 4, chapter 6; 213 b22):

« The Pythagoreans too, hold that Void exists and that *pneuma* and voir enter from the *apeiron* (the Unlimited?) into the Heaven itself, which as it were, inhales; the void distinguishes the nature of things, being a kind of separating and distinguishing factor between terms in series. This happens primarily in the case of numbers; for the void distinguishes their nature » [43].

This Pythagorean suggestion that there is an extra-cosmic vastness outside and beyond the cosmos proper, and that, in some sense, it is an *apeiron*, has been made from time to time since; and the Pythagorean assertion — made in terms of « inhaling » — that this vastness interacts with « substances » has an uncannily modern ring. Almost any presentday theory of the Expanding Universe somehow assumes that the remotest galaxies at the rim of the Universe, when « advancing », are also creating in front of them a « Void » into which they advance, and that this Void becomes a medium for the gravitational, electromagnetic, and perhaps also hydromagnetic interactions of the galaxies among themsvelves [44].

4. - INNUMERABLE WORLDS. — Presocratic philosophers, and also later ones, were wont to suggest that there are, or might be, innumerably many worlds, where « world » stands for *ouranos* (οὐρανός; Heaven) or *cosmos* (κόσμος) [45], and we wish to point out that these suggestions did by no means automatically imply that the *total* universe (τὸ πᾶν; the *All*) has to be outright infinite.

In some cases in which the Ancients speak of innumerable worlds it is, form our contemporary attitude, not even appropriate to do so at all, because the multiplicity of the worlds was meant to be only a successive one. Thus, in the cosmology of Empedocles [46], and also in the system of the Stoics [47], there apparently was a single self-same universe which however was cyclically decaying and regenerating in a periodic rhythm. The cosmological system of Heraclitus [48], if he had one [49], may have also been of this kind; and the cosmological views of some Pythagoreans may have also been so oriented [50]. It is my personal judgment that Greek speculations about cosmic cycles were intellectually far beneath Greek scientific achievements in general, and that they were somehow so prescientifically vague that it is not even appropriate to inquire whether the universes in question were finite, or infinite, or what else. In a vague sense, though, these universes were bounded, and to this we observe that 20th century cosomology has mathematically envisaged cyclic universes which are even closed and strictly periodic; and by relaxing the strictness of periodicity one author could even allow for thermodynamic irreversibility too [51].

While the purely cyclic universes were still mythologically tainted, there was a deceptively similar type of a Presocratic universe which is scientifically very appealing. According to Aristotle, there was an important cosmological hypothesis, professed by some, that there are « innumerable *cosmoi*, some in process of becoming and others in process of perishing », and that « these processes of becoming and perishing of necessity involve motion » [52]. Aristotle does not associate names of originators with this hypothesis, perhaps because it was, or was becoming rather widespread [53] and also had not had a clearly specifiable first proponent. But it seems certain that the chief expositors and propagators of this hypothesis had been Leucippus and Democritus (5th century B.C.), the first and most imaginative atomists ever [54], although some versions of the hypothesis may have been conceived earlier, perhaps already by Anaximander [55].

It is doubtful whether Leucippus and Democritus had it in their thinking that there are infinitely many worlds which co-exist simultaneously. The few mentions of innumerable worlds in testimonials about them do not suggest this [56], but they suggest that, in the thinking of the first atomists, the accumulation of *cosmoi* (= worlds) in their universe behaved like an accumulation of stars in a galaxy of

today, or better yet, like an accumulation of galaxies in a cluster of galaxies of today. In fact, their *cosmoi* were formed out of atoms by some kind of « gravitational clustering » and they were dissolved again by some kind of « gravitational break-up », with vortices (*vortex* = δίνη, *dine*) of inexplicable origin [57] playing a part in either process. The number of such *cosmoi* is invariably stated as *apeiron*. If we translate this by *immense* then this fits most evolutionary theories of today, and the translation: *indefinite* would fit the « continual creation » theories of today. But it is neither necessary nor appropriate to translate it by: *innumerable*, in the sense of *outright infinite*, as usually done.

Finally, if Anaximander, who lived considerably earlier than the atomists, did indeed say that there is a multiplicity of worlds, it would seem hopeless to try to decide today whether he meant temporal succession or spatial plurality. Anaximander may not have felt an intellectual urge for absolutely distinguishing between successive and synchronous plurality, and at the same time he may have vaguely felt that, as in contemporary relativistic continual creation cosmologies, such distinctions cannot even be made absolutely. From our retrospect, an early Greek philosopher could very well have been « primitive » and « advanced » at the same time.

5. - THE SPHERE OF PARMENIDES. — Parmenides of Elea envisaged a twofold universe; an extraordinary sphere which was the embodiment of Pure Being, and which we have already introduced in Section II above, and a « stellar system » which was the world of experiential reality. We will concern ourselves only with the sphere of Pure Being.

Parmenides was neither a mathematician nor a physicist, nor even a natural philosopher, but only an ontologist, that is, a species of philosopher which he himself created, and the Parmenidean sphere has, for all its ontological splendor, the irreality of a glass universe. Yet, when searching for an ontological attribute that would express the size of this universe Parmenides adumbrated a general mathematical conception of mathematics of today. From our retrospect, Parmenides does not say that by size his sphere is infinite, or indefinite, or that it is finite, as a first impression might suggest; but what he says is that by structure it is *complete* (τετελεσμένον; *tetelesmenon*), and he says it twice, once « positively », and once « negatively ».

The positive statement is (Fragment B8, 42-45):

« But since there is a furthest limit, it is in every direction *complete* (*tetelesmenon*); like the body of a well-rounded sphere, from the middle everywhere of equal strength »,

and the negative is (Fragment B8, 30-33).

« For powerful Necessity holds it in the bonds of the limit, which

encircles Being, because it is *not* right for Being to be *incomplete*, for it is not in need » [58].

In presentday mathematics there are two separate but related notions of completeness, one for a vectorspace with perhaps topological or algebraic structures on it, and another for a topological space with an additional structure superimposed, say, for a manifold with a Riemannian metric on it. Since our sphere is a manifold, we are imputing to Parmenides that he adumbrated the second case.

Now, let us call a combination of a manifold with a structure a universe and then view such a universe as *complete* if it is non-continuable; meaning that the manifold cannot be extended, *under the preservation of the given structure*, into a larger manifold of the same dimension. To put it differently but equivalently, in this view a universe is complete, if there is no other equi-dimensional manifold, with the same kind of structure superimposed, of which the given manifold is a proper part.

By this definition, the most assuredly complete universe arises if, in the terminology of presentday topology, the underlying manifold is compact (or « closed »), so that as a combinatorial complex it has boundary zero, because, for such a manifold, the universe is complete, in our sense, for whatever structure may be superimposed on the manifold additionally. 20th century cosmology is somehow aware of this, and it is this which makes cosmologists revert to closed universes ever so often.

But many, and even most universes under investigation are « open », that is not compact, and we are going to verify, by exhibiting a model, that a universe may be complete and yet open, even « maximally » open in the following sense. We take it for granted that a single Euclidean cell is « maximally » open, and that its combinatorial boundary is topologically « maximal »; and we are going to exhibit a universe of the following kind: (i) the underlying manifold is a topological cell, (ii) there is a structure superimposed which makes the resulting universe complete, and yet (iii) the structure is such that, in a very meaningful way, every point of the topological boundary of the manifold is relative to the structure, a « furthest limit » (πεῖρας πύματον = *peiras pymaton*) as demanded in the first Parmenidean passage quoted above.

The manifold of our universe will be a part of 3-dimensional Cartesian coordinate space, and the superimposed structure will be a Riemannian metric. We denote the three coordinates by (x,y,z). We are introducing the distance from the origin

$$r = (x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}, \tag{1}$$

so that $0 \leq r < \infty$, and for $r \neq 0$ we are introducing the direction cosines

$$\alpha = \frac{x}{r}, \ \beta = \frac{y}{r}, \ \gamma = \frac{z}{r}, \tag{2}$$

for which

$$\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 = 1. \tag{3}$$

We choose for our manifold the interior of a ball of some finite radius r_o, that is the pointset given by

$$x^2 + y^2 + z^2 < r_o^2, \tag{4}$$

or, equivalently, by

$$0 \leq r < r_o. \tag{5}$$

It is topologically a cell, and the boundary of the cell is the 2-dimensional spherical surface

$$x^2 + y^2 + z^2 = r_o^2. \tag{6}$$

Thus, the boundary consists of the points

$$x = r_o\alpha, \ y = r_o\beta, \ z = r_o\gamma \tag{7}$$

for all possible triplets of number (α,β,γ) satisfying (3). Our Riemannian metric in (4) shall be given by a line element

$$ds^2 = h(r)^2 \ (dx^2 + dy^2 + dz^2), \tag{8}$$

in which the factor h(r) is defined, continuous and differentiable on the half-open interval (5), and is positive there,

$$h(r) > 0, \ 0 \leq r > r_o. \tag{9}$$

Since h(r) depends only on the quantity (1), this metric is invariant with respect to rotations around the origin, and thus our universe is indeed « from the middle everywhere of equal strength », as stipulated in the Parmenidean passage above. Consequently any radius vector of the universe, that is any pointset

$$x = r\alpha, \ y = r\beta, \ z = r\gamma; \ 0 \leq r < r_o \tag{10}$$

for fixed (α,β,γ), is a geodesic line. It terminates in the boundarypoint (7), which thus becomes a « furthest limit » as Parmenides requires it. The geodesic distance of a point (x,y,z) within the ball from the center of the ball is

$$\int_0^r h(t)dt, \tag{11}$$

and if we let this point move towards its « furthest limit », this distance becomes

$$\int_0^{r_o} h(t)dt, \tag{12}$$

whether the value of this integral is finite or infinite.

If the value is infinite, our universe is complete. Contrariwise, if it were not complete, our ball would be part of a larger manifold with an extension of the given Riemannian metric. Therefore, at least one of the points (7) would become an interior point of the larger manifold, and its geodesic distance from the center of the ball would again be the integral (12), which would have to be finite, contrary to the fact that it is infinite.

In particular, the integral (12) is infinite if

$$h(r) = (r_o^2 - r^2)^{-1}$$

In this case our universe is the Cayley-Klein model of the non-Euclidean hyperbolic geometry of Bolyai-Lobachevsky [59], and thus we see that this universe is complete.

Its « dual », namely the non-Euclidean elliptic geometry of Riemann-Beltrami, is also complete, on the very strong grounds that the underlying manifold is closed, that is, topologically compact.

This leaves us with the Euclidean case, in which the ball (4) is endowed with the metric

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2, \tag{13}$$

which is subsumed under (8) for

$$h(r) = 1.$$

In this case the integral (12) has the finite value

$$\int_0^{r_o} 1.dt = r_o, \tag{14}$$

and our ball (4) is indeed not complete. In fact every domain of the Euclidean space which contains the ball is a continuation of it. Furthermore, if in (14) we let r_o tend to ∞, then the length becomes infinite, and this can be interpreted to mean that the total Euclidean space, if endowed with the metric (13), is a universe which is likewise complete. Also, even in this case every radius vector (10) points to a « furthest limit » at infinity which is located in the direction (α,β,γ); and these furthest limits taken together can be viewed as a spherical surface at infinity which encloses the universe as in Parmenides [60].

As evident from a lengthy passage in Aristotle's essay on the infinite (206b 33 - 207b 32), in which Parmenides is mentioned by name,

Aristotle was aware of the fact that the universe of Parmenides was intended to be complete, and he gives the following very good brief characterization of completeness:

« When there is nothing left over and beyond, there is something *complete*, that is a *whole*, and a *whole* (for example, a whole man or a whole box) is, by definition, what has nothing wanting » [61].

However this good insight is marred by Aristotle's misconception that completeness is not compatible with infinity, and his views on the relation between infinity and completeness can be obtained from the following three sentences taken together:

« That is infinite, of which it is always possible, in regard to quantity, to take a part outside what has already been taken (207a 7-8).

« The dignity and all-embracing quality of the whole is only ascribed to the infinite because of a superficial confusion of the infinite with the whole (207a 20-22).

« As infinite, the infinite does not contain, but is contained; as infinite it is therefore also unknowable, for matter is formless. Evidently then, the infinite is to be treated as an *aspect* [μόριον; *morion*] rather than as a whole (207a 26-28) ».

From whatever reasons, Aristotle was opposed to (outright) infinitude, especially in physics and cosmology. Therefore Aristotle was pleased with Parmenides for not displaying infinity in his universe, and he was angry with Melissus, a follower of Parmenides, for inserting into the universe of Parmenides some features of Infinitude of his own [62]. Sometimes Aristotle speaks quite contemptuously of Melissus, but in the present context he puts it relatively mildly thus:

« The view of Parmenides that the world being equal in every direction from the middle is limited, is to be preferred to the view of Melissus that the whole is infinite (207a 17-19) ».

If Aristotle was not right in assuming that completeness and infinity are incompatible, then, 250 years later, the great Latin poet Lucretius (Titus Lucretius Carus; 1st century B.C.) was not right in asserting (*De natura rerum*, Book 1, 958-987) that our universe cannot be represented by a ball of finite radius r_o, as in the hyperbolic geometry, but only by a ball of infinite radius, as in the Euclidean geometry. Lucretius uses a « flying-dart » argument against the finiteness of r_o and the following lines are frequently quoted:

« Suppose now that all space were created finite, if one were to run to the end, to its furthest coasts, and throw a flying dart, would you have it that this dart, hurled with might and main, goes on whither it is sped and flies after, or do you think that something can check or bar its way » [63].

Thus, Lucretius takes it for granted, that if, by chance, the underlying manifold of our universe can be represented by a ball of finite

radius r_o in a Cartesian space, then the Cartesian exterior of the ball, that is the pointset given by

$$x^2 + y^2 + z^2 \geq r_o^2, \tag{15}$$

somehow intellectually clings to our universe and could not be structurally broken away from it.

In defense of Lucretius, and of many other scientists and poets after him, it can be said that only within the last 100 years or so did mathematics establish, clearly and firmly, that it is possible to view a ball (4), even for finite r_o, as a « space » entirely by itself, self-sufficiently and self-containedly, without any intellectual compulsion to associate the pointset (15) as its « exterior » with it. A mathematical anticipation of this relatively recent insight can be traced back to Nicolas of Cusa (15th century A.D.), but not beyond, except that physical and cosmological adumbrations of it can be detected in Aristotle, as we will still see in Section 7.

But before turning to this we will make a further observation on completeness of the universe, even if it does not bear on the problem of the size of the universe, which is the avowed topic of the present paper.

6. - Stability and Stationarity. — The main ontological conclusion of Parmenides, in its physical aspect, can be decomposed into two successive steps. Firstly, since the universe is structurally complete it is physically stable, and it thus persists in a certain uniform sameness, eternally, even non-temporally; and secondly, since the universe is stable, it is inert and immobile, and everything is also ungenerated and imperishable.

The second half of the second step, namely that everything and anything is ungenerated and imperishable was, by itself, not too disturbing. Thus, the atomists Leucippus and Democritus, to whom matter was atomistically discrete, and Anaxagoras, to whom matter was molecularly granular [64] could interpret it to mean that generation and corruption came about simply by association and dissociation of immutable particles, provided the particles could move about. And in the outlook of Aristotle to whom matter was distributed continuously by granulation [65], all « genuine » generation or corruption of matter is nothing but a transformation of one kind of substance into another [66]; just as in our contemporary physics of Elementary Particles, the so-called « creation » and « annihilation » of particles is nothing but the transformation of particles from one kind into those of another kind.

But the first half of the second step, namely the assertion that the universe, being stable, is totally immobile, is unreal and unacceptable. There are nowadays two procedures for avoiding this assertion, and both were discovered by the Greeks.

The first procedure simply denies the first step in Parmenides that the universe is unalterably stable; it assumes that there are events which violate stability, and it is usually assumed that the manifestation of such an event is the formation of a vortex. The Greeks knew this [67]; even Heraclitus and Empedocles, in their very vague ways, assumed that there were some kind of vortical instabilities occurring periodically. But, much more maturely, Anaxagoras and also the atomists, in their several ways, assumed that a vortical unstability occurred once, and only once, and brought about the creation of the universe; in modern times there have been many such assumptions, beginning with the Kant-Laplace Hypothesis in the second half of the 18th century, and any such assumption must concede the working of an extra-rational Power, that is, of a *Nous*, as Anaxagoras called it.

A second procedure was inaugurated by Aristotle (Physica, Book 1, chapter 2). Aristotle does accept the first step of Parmenides that our universe is unchangeably stable, but, very scientifically, he equates ontological stability with physical stationarity; and in physics stationarity is not at all identical with immobility, far from it. Thus, in presentday acoustics and hydrodynamics, a stationary process may admit a general periodic motion, physically similar to the circular motion which Aristotle posits for his universe in Book 8 of the *Physica* and in *De Caelo*. Furthermore, in presentday cosmology, even steady-state models which admit « continual creation » are stationary in a manner that makes them subsumable under the stability of Parmenides, in a sense.

7. - PLACE AND MATTER. — In Aristotle's *Physica*, the essay on Infinity (Book 3, ch. 4-8) is followed by an essay on Place (*topos*, τόπος; Book 4, ch. 1-5), which we have previously analyzed from our own approach [68]. For any proper part of the universe Aristotle defines its place as « the inner boundary of what contains it », meaning that the place of any proper part of the universe is determined by the internal boundary of what surrounds it in the universe. In the last chapter of the essay, that is in chapter 5, Aristotle tries, by various means, to assign a place to the universe in its entirety, and we are adding the following observation to what we have said about this before. Aristotle tries, however inarticulately, to express the fact that the universe, although as finite as a ball (4) of section 5 above, does *not* have an exterior, like (15), but nevertheless has a boundary, like (6), which is internally defined, and that it is this boundary which determines a space for it.

Understandably, Hellenistic and medieval expositors of Aristotle had almost insuperable difficulties with section 5, when they tried to fully and unequivocally elucidate it. Thomas of Aquinas in his own

Commentary on the *Physica* (in Lecture 7 on Book 4) [69] reports, critically, on efforts by Alexander of Aphrodisias (260 A.D.), Themistius (360 A.D.), Avicenna (ibn Sina; 980-1037), Avempace (ibn-as-Saigh ibn-Bajji; -1138), and Averroes (ibn Rushd; 1126-1198). The nearest to our knowledge of today is the opinion of Alexander that « the ultimate sphere in no way is in place » (ultima sphaera nullo modo est in loco) [70] which we can interpret to imply that the intrinsic boundary of the universe — that is our spherical shell (6) — is not itself a part of the universe, even if it determines it.

In *De Caelo* Aristotle deals with the physics proper of the universe, and in Book I, ch. 5-7, he asserts and derives that, in a suitable sense, the diameter of the universe is finite. He deduces this mainly from his a-priori Hypothesis that the total mass of the universe is finite, and, even more convincingly to himself, from his a-priori Hypothesis that the total angular momentum of the universe is finite. These two a-priori Hypotheses are highly respectable, and have many adherents among leading physicists and cosmologists of today; but they are compatible with a non-finite spatial extent of the universe if the possibility of an absolute vacuum is admitted. Aristotle however was a thermodynamicist [71], and in thermodynamics there is no absolute vacuum as a part of a physical system. More specifically, in *De Caelo* it is taken for granted that there is body (soma; σῶμα) everywhere, and, in our terms, it is apparently assumed that it has a minimal positive density; because Aristotle reasons that if the diameter of the universe were unbounded then so would be its total mass, which he finds incongruous, and moreover, due to the diurnal rotation of the globe, the total rotational momentum of the universe would be infinite, which Aristotle finds even more absurd [72].

Aristotle is less persuasive in his reasoning (*De Caelo*, Book 1, ch. 8-9) that there is only one « world », meaning in our actuality, only one solar system, or, perhaps, only one galaxy. What he actually tries to prove is that the gravitational force field of the universe cannot have more than one major singularity. Now, Aristotle admits both « heaviness » and « lightness », meaning that his gravitational constant between two different bodies may be positive or negative, and he tries to persuade himself that there can be no gravitational clustering into more than one major unit. But such clustering can occur in our present-day models of the universe, under the validity of the Newtonian force field, and it can probably occur in more complicated gravitational force fields too.

An intriguing remark on multiple worlds occurs in Aristotle's *Physica*, within his essay on Time. Aristotle mentions (218a 30-69), when listing predecessors who had spoken out on the nature of time, that, according to some, Time is the movement of the universe, and, according to others, even the celestial sphere itself. Aristotle observes

to this that on such views, if there were more than one world, each of them endowed with its own standard of time, there might result various standards of time, being in effect simultaneously. In this conclusion Aristotle was nearly right. It is true that in contemporary cosmology the various time standards in different galaxies can be compared with each other by intercommunicating light signals, but the intervening time lags by millions of light years, the red shifts, and the bendings by gravitation do keep the various time standards separated from each other to a considerable extent.

Aristotle's rigid mandate that there must be matter everywhere in space, was undoubtedly not good for the development of physics in the long era between Antiquity and Late Renaissance. Nevertheless, the nucleus of the mandate, namely the presumption that in physics there cannot be space without any physical data at all, was greatly vindicated in the 20th century by the insight that every bit of space in physics is some kind of field, either a gravitational field generated by masses as in Relativity, or an electrodynamic or other de Broglie field as in Quantum theory, or both. However, in presentday physics the field which is dual to particles may expand and become indefinitely large even if the supply of corpuscles is finite and fixed; that is, in Aristotelian terms, the total amount of *soma* may be finite, and yet the diameter of the universe not.

We will terminate on a daring statement. We dare to state that this duality between matter and field — which is an opposition and a correlation in one — was foreshadowed, peculiarly and quaintly, yet sharply recognizably, almost 2500 years ago, in the Atomism of Leucippus and Democritus; and we are suggesting that it is the adumbration of this duality which is the central achievement of Greek Theoretical Physics proper, and not just the introduction of a plurality of ultimate constituents of matter, in which Empedocles and even Anaxagoras also participated. Aristotle was not a partisan of Atomism, but he was aware of its originality, and especially in *Metaphysica*, Book 1, ch. 4, 985b 5, he states it very clearly, almost emphatically, that the Atomists' opposition between full and void — when transliterated into Parmenidean terms — becomes a polarity between Being and Not-Being; and, what does singular honor to the Atomists, and to Aristotle who reports on them, Aristotle clearly states that this Not-Being also exists, just as much as does the Being [73]. Diogenes Laertius was certainly right in saying that Democritus had been the Prince of Greek physics proper [74].

Princeton, Princeton University, Department of Mathematics.

S. BOCHNER

NOTES

[1] This is apparently still taken for granted in ALEXANDRE KOYRÉ (1892-1964), *From the closed world to the infinite universe*, first printing by the Johns Hopkins Press, 1957. The report on Bruno is in chapter II, and in other places (see index there under Bruno).

[2] J. D. NORTH. - *The measure of the universe, a history of modern cosmology*, Clarendon Press, Oxford, 1963, chapter 5, beginning on p. 70. This is a comprehensive work of its kind. A smaller book is HERMANN BONDI, *Cosmology*, Cambridge University Press, 2nd edition, 1960.

[3] NORTH, (see note 1), p. 72.

[4] NORTH, (see note 2), 198-217, and *passim* (see index there under steady-state cosmology).

[5] KOYRÉ, (see note 1), chapters V, VI, VII; see also my forthcoming book: S. BOCHNER, *Eclosion and Synthesis; the Outburst of Knowledge after the Enlightnement*, chapters 12 and 14.

[6] NORTH, (note 2), p. 134; also pages 271, 374.

[7] BOCHNER, (note 5).

[8] ibid.

[9] JAMES A. COLEMAN. - *Modern Theories of the Universe*, Signet Science Library, 1963, p. 63, see also other passages.

[10] BOCHNER, (note 5).

[11] For another possible etymology see CHARLES H. KAHN, *Anaximander and the Origins of Greek Cosmology*, Columbia University Press, 1960, p. 231. Many of our statements about *apeiron* will closely resemble those made in the work of Kahn yet be different in intent, and we will not attempt to elaborate on the underlying differences of approach.

[12] There are several cognates of *apeiron* which are closely related to it in language and meaning; they do not occur frequently and, for our specialized purposes, we will not separate them from *apeiron* itself.

[13] When intending to express that something is infinite rather than indefinite the Greeks would usually employ an expression consisting of more than one word; but when wanting to say that something is indefinite rather than infinite they might use the adjective *aoriston* (ἀόριστον), for instance.

[14] DIOGENES LAERTIUS. - *Lives of eminent philosophers*, Book I, chapter 13; Loeb edition, vol. I, pp. 14-15.

[15] THOMAS L. HEATH. - *The Thirteen Books of Euclid's Elements*, Vol. I, p. 202. We will not deal with the problem whether the *ep'apeiron* of the axiom on parallels should be translated by *indefinitely*, as done in English, or by *in infinitum*, as done in Latin, French, Italian, German, etc.

[16] The antonym to *aoriston* (note 13) is *orismenon* (ὡρισμένον).

[17] ARISTOTLE. - *Metaphysica*, 986a 24; see also, for instance, G. S. KIRK - J. E. RAVEN, *The Presocratic Philosophers*, Cambridge, 1957, p. 238. The most recent comprehensive account of Presocratic Philosophy is in W. K. GUTHRIE, *A History of Greek Philosophy*, Cambridge University Press, vol. I, 1962, vol. II, 1965. In volume I, p. 245, Guthrie lists the 10 pairs of opposites thus: limit-unlimited, odd-even, one-plurality, right-left, male-female, at rest-moving, straight-crooked, light-darkness, good-bad, square-oblong.

[18] See, for instance, K. HACKFORTH, *Plato's examination of Pleasure* (*The Philebus*), Cambridge University Press, 1945, pp. 37-49.

[19] The word *sphaira*, in the meaning of *ball* (« to play at ball ») occurs already in the Odyssee, Chant VII, line 100.

[20] Fragment B8 (Diels-Kranz), lines 26 and 49.

[21] So in Diels-Kranz, *Die Fragmente der Vorsokratiker*, and in many commentators.

[22] So in KIRK and RAVEN, (note 17 above), p. 276. We observe that in the fragment B8 of Parmenides, in line 26, the expression in full is *en peirasi desmon* (ἐν πείρασι δεσμῶν), which means: within limits of fetters.

[23] GUTHRIE (note 17), vol. II, p. 37, says that « In Parmenides the word *peiras* falls, again and again, on our ears with the force of a blow.

[24] To this and the following see RODOLFO MONDOLFO, *L'infinito nel pensiero dell'Antichità Classica*, « La Nuova Italia », Firenze, 1956; especially « Parte Quarta ». See also KAHN, (note 11). Mondolfo quotes a remark of Robert Rivaud that Chaos and Heavens are never called *apeiron*.

[25] MONDOLFO, (preceding note), p. 275-278.

[26] We are rendering the translation in the Loeb Edition of *The Odes of Pindar*, edited by JOHN SANDYS, Heinemann, London, 1927, p. 591. About the authenticity see LOUIS RICHARD FARNELL, *The Works of Pindar, The Commentary*, Chicago University Press, 1932, p. 434. The French translation by Aimé Puech, *Pindare*, vol. IV, Fragments (Collection Budé), 1923, p. 196, is as follows: « De là sortent, en vomissant des ténèbres infinies (*apeiron*), les fleuves, au cours lent de la nuit obscure ».

[27] GUTHRIE, (note 17), Vol. I, page 394. The French translation in PAUL TANNERY, *Pour l'histoire de la science hellène*, 2nd edition, Paris,1930, p. 148, is as follows: Nous voyons sous nos pieds cette limite de la Terre, en haut, du côté de l'éther, mais le bas s'en va à l'infini.

[28] As done in MONDOLFO (note 24), p. 275.

[29] See MARIO UNTERSTEINER. - *Senofane, Testimonianze e frammenti,* « La Nuova Italia », Firenze, 1956, p. CLIV-CLVII.

[30] S. BOCHNER. - *The Role of Mathematics in the Rise of Science,* Princeton University Press, 1960, p. 370.

[31] Compare UNTERSTEINER (note 29), pp. 86-90 and other passages. See also GUTHRIE, (note 17), Vol. I, p. 394, footnote 2.

[32] In *Metaphysica,* 995a 30, Aristotle calls such a complication a « knot » (δεσμός; *desmos*) in the development. Compare KAHN, [11], p. 18, last two lines.

[33] See KAHN, [11], p. 6.

[34] GUTHRIE, loc. cit., Vol. I, p. 29.

[35] KIRK and RAVEN, [17] p. 107.

[36] For instance, MARY B. HESSE, *Forces and Fields,* Nelson and Sons, London, 1961, 102-108.

[37] BOCHNER, [30], chapter 4.

[38] La Géometrie, p. 368 (p. 146 in *The Geometry of René Descartes,* translated by David Eugene Smith and Marcia L. Latham, Chicago, Open Court Publishing Co., 1925).

[39] Sir JOSEPH LARMOR (1857-1942), article « Aether » in *Encyclopedia Britannica,* 11th edition; also his extensive book: *Aether and Matter; a development of the dynamical relations of the aether to material systems on the basis of the atomic constitution of matter, including a discussion of the influence of the earth's motion on optical phenomena, being an Adams prize essay in the University of Cambridge,* Cambridge University Press, 1900. Also, EDMUND WHITTAKER, *A history of the theories of Aether and Electricity,* Vol. I, and also Vol. II.

[40] BOCHNER, [5], chapter 9.

[41] DIOGENES LAERTIUS, Book 2, chapter 3; Anaximenes, fragment A13, Diels-Kranz.

[42] See the excellent footnote in ANTONIO MADDALENA, *Ionici, Testimonianze e frammenti,* Firenze, 1963, p. 180.

[43] KIRK and RAVEN, p. 252; GUTHRIE, Vol. I, p. 277.

[44] In addition to NORTH and BONDI, [2], see also G. J. WHITROW, *The structure and Evolution of the Universe,* Hutchinson, London, 1950; G. GAMOV, *The Creation of the Universe,* Viking Press, New York, 1952; JAGJIT SINGH, *Great Ideas and Theories of Modern Cosmology,* Constable, London, 1961.

[45] About the meaning of *ouranos* and *cosmos* see the enlightening article of F.M.CORNFORD, Innumerable worlds in Presocratic philosophers, *The Classical Quarterly,* vol. 28, 1934, 1-16.

[46] KIRK and RAVEN, pp. 326-7; GUTHRIE, Vol. II, 167-183.

[47] E. ZELLER, *Die Philosophie der Griechen,* 5th edition, 1923 (reprinted 1963), Part III, 152-160; there is an English translation of an earlier edition by O. J. REICHLER, under the title: *The Stoics, Epicureans, and Sceptics,* London 1880, pp. 165-169.

[48] About Heraclitus there is a very extensive account in E. ZELLER - R. MONDOLFO, *La filosofia dei Greci,* Parte prima, Vol. IV (Eraclito), Firenze, 1961; see especially pp. 218-269.

[49] In my personal judgment Heraclitus was an aphorist, and not a systematic philosopher, let alone a scientist, and he did not have a cosmological system. See BOCHNER, [30], pp. 332-335.

[50] GUTHRIE, Vol. I, p. 282.

[51] NORTH, [2], pp. 132-33.

[52] *Physica,* Book 8, chapter 1, 25b 18-21; our translation is adapted from the Oxford and Loeb renditions.

[53] For a critique of late reports about this hypothesis, see CORNFORD, [45].

[54] KIRK and RAVEN, 409-414; GUTHRIE, Vol. II, 404-413.

[55] For a full account of various opinions relating to Anaximander see GUTHRIE, Vol. I, 106-114.

[56] For references to such mentions see KATHLEEN FREEMAN, *The Presocratic Philosophers,* 3rd edition, Oxford 1953, 302-3; virtually all passages there quoted are translated in MILTON C. NAHM, *Selections from early Greek Philosophy,* 3rd edition, New York, p. 100 and following pages.

[57] In presentday cosmology there are also vortices of inexplicable origin. See *The Structure and Evolution of Galaxies,* Solvay Institute, 13th Physics Conference, 1965, Interscience Publishers, p. 20.

[58] *Not Incomplete* is the translation of οὐκ ἀτελεύτητον; (ouk ateleuteton); « in need » = incomplete. Our translations are from LEONARDO TARAN, *Parmenides,* Princeton University Press, 1965, p. 86.

[59] R. BONOLA, *La geometria non-euclidea; esposizione storico-critica del suo sviluppo,* Bologna, 1906.

[60] GUTHRIE, Vol. 2, p. 38.

[61] Physica 207a 9-11. In this and the following several excerpts we are quoting from RICHARD HOPE, *Aristotle's Physics,* University of Nebraska Press, Lincoln, 1961, pp. 54-55.

[62] Presentday commentators do not find it easy to identify these features of infinitude. See KIRK and RAVEN, 299-302; GUTHRIE, Vol. 2, 206-209.

[63] Book I, 969-974. We are quoting from CYRIL BAILEY, *On the nature of things,* Oxford, Clarendon Press, p. 59.

[64] About Anaxagoras see DANIEL E. GERSHENSON and DANIEL A. GREENBER, *Anaxagoras and the Birth of Physics,* Blaisdell, New York, 1964.

[65] About the granular aspect of matter in Aristotle, see ANDREW G. van MELSEN, *From Atomos to Atom*, Harper Torchbook, 1960, 38-41.

[66] W. D. ROSS, *Aristotle, a complete exposition of his works and thought*, Meridian Books, 1959, pp. 101-2.

[67] MONDOLFO, [24 above], 309-326, also 383-389.

[68] BOCHNER, (note 37).

[69] See the English translation by RICHARD J. BLACKWELL, RICHARD J. SPATH and W. EDMUND THIRLKEL, Yale University Press, 1963, 114 ff.

[70] For similar brief Latin sentences about the views of the other four commentators see HOPE, [61], p. 86, footnote.

[71] BOCHNER, [30], pp. 158-9.

[72] Descartes also did not tolerate a vacuum, but spread his « subtle matter » all over his *extension*; however he was only half an Aristotelian and so, as we have already stated in section III above, he only maintained that the size of the universe is indefinite, and not that it is finite. In the 19th century, the universe was filled with electromagnetic aether which was a descendent from the « subtle matter; » but the intellectual distance from Aristotle was such that there were apparently no doubts about the size of the universe on account of that.

[73] KIRK and RAVEN, 404-5.

[74] BOCHNER, [30], 319-20.

RECENSIONI - COMPTES RENDUS - BOOK REVIEWS BUCHBESPRECHUNGEN - ANALISIS DE OBRAS

G. Polya. - *Vom Lösen mathematischer Aufgaben.* Einsicht und Entdeckung, Lernen und Lehren. Band I. Ins Deutsche übersetzt von L. Bechtolsheim. Ein Band in-8, von 316 Seiten, mit Abbildungen. Birkhäuser Verlag, Basel, 1966. Preis, geb., sFr. 38.

Il s'agit d'un livre un peu étrange et, en même temps, profond et divertissant. Ainsi qu'il ressort du titre, l'A. s'intéresse au déroulement et à l'exposition de problèmes mathématiques, avec une attention spéciale pour les étudiants qui doivent apprendre et aux chargés de cours qui doivent enseigner.

Ces problèmes embrassent: la géométrie élémentaire; la cartésienne; les développements multiples que l'on peut dériver du binôme de Newton et du triangle de Pascal avec l'emploi du principe d'induction complète; le procédé d'interpolation; la principe de superposition dans les problèmes linéaires; etc., etc.

Mais l'A. se propose quelque chose de plus profond que la simple exposition de résultats déjà connus. Ce dernier est à la recherche d'une méthode générale de résolution et pour cela, après avoir, dans la première partie, étudié en détail les schémas qui s'adaptent aux diverses catégories de problèmes, tente, dans la seconde, une analyse récapitulative qui se révèle intéressante aussi d'un point de vue méthodologique.

Le dernier chapitre résume un peu le contenu, nous dirons presque philosophique, de tout le livre.

A la fin sont reportées les solutions des problèmes proposés les notes additives pour les lecteurs et une bibliographie.

* * *

G. Polya. - *Vom Lösen mathematischer Aufgaben.* Einsicht und Entdeckung, Lernen und Lehren. Band II. Ins Deutsche übersetzt von L. Bechtolsheim. Ein Band in-8 (*Wissenschaft und Kultur*, Band 21), von 286 Seiten, mit Figuren. Birkhäuser Verlag, Basel, 1967. Preis, geb., sFr. 34.

Cette seconde et dernière partie de l'ouvrage original de Georg Polya va du chapitre septième au chapitre 15e.

Dès le début, où sont indiquées géométriquement les phases de la solution d'un problème élémentaire, il n'est pas difficile de se rendre compte que l'A. vise particulièrement à présenter une philosophie des idées résolutives, sur la manière dont elles se présentent, en partant de zéro, à notre esprit, sur la façon

dont nous pensons (toujours en faveur du problème donné) et sur la manière dont nous devrions penser.

Font suite des exemples sur la manière de procéder pratiquement dans certains problèmes arithmétiques et géométriques, puis les concepts de devoirs équivalents, de réduction irréversible, d'analyse de l'énoncé et de toutes les voies qui peuvent conduire à la solution.

Du chapitre 10e et après ce n'est qu'une succession de subtilités qui concernent principalement la psychologie de l'apprentissage et de l'enseignement dont il est presque impossible de chercher à clarifier la signification profonde en quelques mots. Remarquable est le dernier chapitre où est offerte une synthèse originale de la méthode scientifique.

Ce second volume aussi est enrichi, à la fin de chaque chapitre, de nombreux exercises significatifs qui illustrent clairement les idées exposées.

Il s'agit, ainsi qu'on l'a déjà signalé, d'un ouvrage tout à fait spécial, d'une tentative d'analyse et de synthèse, dirigée vers la divulgation d'une méthode générale de résolution de problèmes élémentaires de géométrie, d'arithmétique et de physique. C'est un ouvrage que nous pensons s'adresser surtout aux enseignants des mathématiques élémentaires qui pourront y trouver une véritable mine d'observations subtiles et ingénieuses même s'ils n'y trouvent pas l'idée générale à appliquer « au tout venant » dans tous les cas.

Dans ce sens il nous est licite de déclarer qu'il s'agit d'un beau livre; hélas, il a le défaut, pour le lecteur italien, d'être écrit en langue allemande.

Brescia, Servizio Studi S.S.E.

F. VOLTOLINI

G. ABETTI. - *La Stella Sole*. Un vol. in-8 (della collezione *Biblioteca di Cultura Scientifica*), di 210 pagine, con 43 figure e XI tabelle. Paolo Boringhieri, Torino, 1966. Prezzo, non rilegato, L. 2.300.

Nous avons déjà rendu compte en cette place de l'ouvrage de G. Abetti « Solar Research » publié en anglais par la collection A Survey of Astronomy de l'éditeur Eyre & Spottiswoode de Londres, en 1962.

A cette occasion nous disions comment le prof. Giorgio Abetti était un auteur célèbre de traités de Physique Solaire, en plus d'un éminent vulgarisateur. Son chapitre « Solar Physics » publié en 1929 dans le « Handbuch der Astrophysik » a constitué pendant de nombreuses années l'unique source d'informations générales pour les physiciens solaires. A la suite, en 1936, le prof. Abetti a donné à l'impression son ouvrage « Il Sole » qui a initié différentes générations de chercheurs à la Physique Solaire. Ce traité traduit également en anglais, a subi une profonde refonte par les soins de l'auteur en 1952.

La monographie dont nous sommes en train de nous occuper n'est pas simplement la traduction du volume « Solar Research » publié justement en 1962, mais il en constitue également une mise à jour considérable.

Il faut penser que depuis 1962 à aujourd'hui ont considérablement augmenté les informations recueillies au moyen de la recherche spatiale, en comprenant comme telle la recherche qui est conduite en utilisant des fusées, des

satellites artificiels, des sondes spatiales. En outre, nous rappelons que dans le dernier minimum d'activité solaire qui s'est vérifié en 1964, la Campagne Internationale des Années du Soleil Calme a permis de rassembler de nouvelles et précieuses informations.

Nous disions déjà à l'occasion de l'analyse de l'ouvrage en langue anglaise que l'un des mérites fondamentaux de l'ouvrage était celui d'aborder l'étude de tous les divers aspects phénoménologiques de l'activité solaire sous une forme moderne et unitaire.

L'ouvrage ne s'adresse pas seulement à la personne cultivée désireuse d'apprendre les fondements de la Physique Solaire, mais aussi aux géophysiciens, biologistes et à tous les chercheurs des autres disciplines qui doivent considérer en quelque façon des phénomènes associés aux rayonnements émis par le Soleil.

Une bibliographie synthétique et un petit dictionnaire expliquant les termes utilisés en Physique Solaire servent à rendre l'ouvrage encore plus adapté au public auquel il s'adresse.

Catania, Osservatorio Astrofisico.

G. Godoli

A. Sommerfeld und H. Bethe. - *Elektronentheorie der Metalle.* Ein Band in-8 (*Heidelberg Taschenbücher*, Bd. 19), von VIII-290 Seiten, mit 60 Abbildungen. Springer-Verlag, Berlin, 1967. Preis, geh., DM. 10,80.

L'idée que la conductibilité électrique et thermique dans un métal est due à la présence d'électrons non liés aux atomes surgit immédiatement après la découverte de l'électron faite par J. J. Thompson. A la suite des premières théories de Schuster, Riecke et Drude, H. A. Lorentz introduit la statistique maxwellienne dans la théorie.

Les résultats étaient satisfaisants, mais beaucoup de choses restaient inexpliquées. En 1926, Fermi, se basant sur le principe d'exclusion énoncé par Pauli en 1925, jeta les fondements de la statistique pour un gaz où la dégénérescence intervient. Ce fut le grand mérite de Sommerfeld de comprendre que cette statistique étaient celle à qui les électrons obéissent et d'en faire immédiatement l'application aux phénomènes de conductibilité électrique et thermique dans les métaux. Le premier chapitre (pages 1-36) de l'ouvrage, écrit par Sommerfeld, est l'exposition de cette théorie qui represente un remarquable progrès par rapport à celle de H. A. Lorentz. Mais le problème n'est pas seulement statistique. Pour expliquer tous les phénomènes observés il est nécessaire de prendre en considération l'interaction entre les électrons libres et les atomes du métal.

Pour cela il faut entrer dans les domaines de la mécanique ondulatoire et introduire une équation de Schrödinger, dont on peut trouver seulement des solutions approchées. Cette matière est traitée dans les chapitres II et III (pages 36-290) écrits par Bethe. On parvient à la résolution de questions laissées inexpliquées par les théories précédentes et de problèmes compliqués,

AESSE

Apparecchi e strumenti scientifici ed elettrici

Corso Lodi 47 - Telefoni: 580.792 - 580.907

20139 MILANO

OFFICINE GALILEO

50134 FIRENZE
Via C. Bini, 44

Pompe e apparecchiature per Alto Vuoto - Strumenti elettrici di misura da quadro, portatili e da laboratorio - Strumenti ottici, scientifici e per laboratorio - Strumenti topografici e fotogrammetrici.

CO • GE • CO

Compagnia Generale Contatori S. p. A.
20143 MILANO - Viale Cassala, 16 - Tel. 848.19.54-848.25.87

Contatori elettrici ad induzione, banchi automatici di verifica e taratura contatori, trasduttori elettro-magnetici a magnetizzazione forzata, motoriduttori, programmatori a motorino sincrono per apparecchiature elettrodomestiche, motorini sincroni monofasi autoavviantisi, orologi contaore per il controllo dei tempi di produzione.

G T&E

20060 Cassina de' Pecchi - (Milano) - Telefono 9.519.301
Via Bernina, 12 - 20158 Milano - Telefono 600.151

AUTELCO
Divisione Commutazione - Tel. 600.151

Impianti telefonici automatici urbani e privati - Centrali telefoniche interurbane - Centralini telefonici manuali - Apparecchi telefonici normali ed amplificati - Impianti telefonici selettivi a codice - Telefonia domestica (citofoni, centralini citofonici, portieri elettrici) - Telecomandi - Relè reed.

—M—
Divisione Trasmissioni - Tel. 9.519.301

Sistemi per ponti radio a 2000-4000-6000-11000 Mc/s, allo stato solido, per comunicazioni tefefoniche e televisive da 120 a 2700 canali - Apparecchiature multiplex transistorizzate fino a 2700 canali - Multiplex per modulazione a impulsi a codice - Sistemi per trasmissione di dati - Amplificatori parametrici - Apparati VHF ed UHF per collegamenti fissi e mobili - Apparati VHF ed UHF per collegamenti aria-terra - Ricevitori di tipo professionale - Apparati radio per bordo - Apparecchiature per telecomunicazioni per mezzo di satelliti artificiali - Strumenti di misura speciali per telecomunicazioni.

IMPRESIT - GIROLA - LODIGIANI

IMPREGILO S. p. A.

Via G. Negri, 4 - 20123 MILANO

STUDIO, PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE ALL'ESTERO DI IMPIANTI IDROELETTRICI E DI GRANDI LAVORI DI INGEGNERIA CIVILE.

SORIN

Società Ricerche Impianti Nucleari
13040 SALUGGIA (Vercelli)

RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA - INGEGNERIA NUCLEARE - IRRAGGIAMENTI GAMMA E NEUTRONICI - RADIOISOTOPI E ATTREZZATURE RELATIVE PER USO MEDICO E INDUSTRIALE.

NISTRI OMI ROMA

Strumenti aerofotogrammetric - Strumenti di bordo per l'aeronavigazione e controllo motori - Impianti per l'ossigeno liquido e gassoso per uso aeronautico - Sistemi di navigazione autonoma - Apparecchiature ottico-meccaniche ed elettroniche - Contatori elettrici, monofase, trifase, speciali e di controllo - Tassametri - Parchimetri.

BARLETTA

APPARECCHI SCIENTIFICI
20121 MILANO - Via Fiori Oscuri, 11
Telefoni 865.961 - 865.963 - 865.965

Apparecchi scientifici per analisi, controlli e ricerche nei campi della chimica, fisica, meccanica, elettronica, energia nucleare - Calcolatori elettronici analogici - Mobili moderni da laboratorio.

DUCATI ELETTROTECNICA MICROFARAD S. p. A.

40132 BOLOGNA - Via M. E. Lepido, 178

Condensatori per radio TV ed elettronica - condensatori per rifasamento industriale - tuner VHF e UHF - relais - circuiti logici - volani magnete e alternatori.

MAGNETI MARELLI

EQUIPAGGIAMENTI ELETTRICI E PNEUMATICI PER AUTO MOTO AVIO
RADIORICEVITORI
TELEVISORI
TELEVISIONE A CIRCUITO CHIUSO
ELETTROACUSTICA
COMPONENTI ELETTRONICI

FABBRICA ITALIANA MAGNETI MARELLI
1, VIALE ITALIA - SESTO S. G. (MILANO) ITALIA - C. P. 66 - TELEF. 24.70.091

COMPAGNIA ITALIANA

WESTINGHOUSE

FRENI E SEGNALI
TORINO: Via P. C. Boggio 20 - Tel. 330.294-332.626
Telex: Westi To 21340

Equipaggiamenti pneumatici di frenatura per veicoli ferroviari e stradali. Apparecchi pneumatici per l'automazione. Apparecchiature elettriche di conversione. Diodi al silicio e piastre al selenio. Segnalamento ferroviario e telecomandi. Fusioni in ghisa meehanite.

SIAI - LERICI, Azienda Industriale
CORMANO (Milano) - Via F. Filzi, 15

Officina specializzata per la lavorazione degli acciai inossidabili e dei metalli e leghe antiacide in genere (nichel, monel, titanio, hastelloy, ecc.). Costruzioni per altissimo vuoto.

tels que les effets galvanomagnétiques, l'effet Hall, le ferromagnétisme, etc.

Les noms des deux auteurs et l'intérêt de la matière traitée nous dispensent de dénombrer les hauts mérites de cet excellent ouvrage.

Firenze, Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

G. CALAMAI

M. LUCINI. - *Principios fundamentales de las nuevas mecanicas.* (Relativista, ondulatoria y cuantica). Un vol. in-8, de XVI-216 paginas, con 21 figuras. Editorial Labor, S.A., Barcelona, 1966. Sans indication de prix.

Dans ce petit volume sont exposés, avec des buts essentiellement didactiques, les fondements de la théorie de la relativité, de la thermodynamique du rayonnement, de la mécanique ondulatoire et quantique.

Des différentes parties, la plus complète, et à notre avis de plus grand mérite, c'est la première, à savoir l'exposition de la mécanique relativiste. Les autres sont plutôt fragmentaires, et en certains points même superficielles. En particulier, l'exposition de la mécanique quantique est limitée à la reproduction des deux conceptions historiques fondamentales, l'ondulatoire de Schrödinger-de Broglie et celle des matrices de Heisenberg, sans aucune mention à la théorie générale des observables qui constitue aujourd'hui la base de toute exposition de la mécanique quantique.

On doit, quoi qu'il en soit, reconnaître un effort louable pour rendre les différents concepts facilement compréhensibles au lecteur.

Milano, Università, Istituto di Scienze Fisiche « A. Pontremoli ».

P. CALDIROLA

P. W. J. M. BOUMANS. - *Theory of Spectrochemical Excitation.* A vol. in-8, of XII-384 pages, with many figures and tables. Hilger & Watts Ltd., London, 1966. Price, bound, Lgs. 5.0.0.

La méthode spectrochimique d'analyse est largement fondée sur la possibilité d'exciter tous les échantillons d'une manière identique: seulement ainsi, en fait, les intensités relatives des raies spectrales peuvent être utilisées pour une détermination quantitative des éléments. Au problème de l'« excitation », dans le sens large, le Dr. Boumans a consacré sa Thèse, qui a constitué la base pour l'élaboration successive du volume publié maintenant.

Dans onze chapitres, enrichis par une abondante bibliographie, l'Auteur développe une exposition détaillée des lois générales qui règlent l'excitation des échantillons dans l'arc en c.c. Ne sont pas traités des problèmes d'analyses particuliers, ni ne sont données de règles pratiques, en ce que le but déclaré du volume est de mettre en mesure l'analyste d'aborder correctement (nous pourrions même dire rationellement) les cas pratiques isolés, souvent très différents entre eux et pour cela très difficiles à schématiser.

Il ressort clairement à la lecture que le texte est issu d'une vaste expérience dans le domaine de la spectrochimie fondamentale et appliquée. Même si celui-ci ne couvre par le champ entier de la spectrochimie physique, étant limité, comme on l'a dit ci-dessus, aux problèmes de l'arc en c.c., dont l'Auteur est un insigne spécialiste, beaucoup des conclusions sont générales et pour cela applicables à d'autres sources excitatrices.

On peut donc affirmer que ce volume, par les sujets traités et pour la rigueur de l'exposition, sera d'une utilité non douteuse surtout pour les chimistes qui, devant utiliser la spectrochimie dans un but analytique, désirent en approfondir les bases théoriques et contribuer à ses progrès ultérieurs.

Genova, Università, Istituto di Chimica Applicata.

V. LORENZELLI

***. - *The Middle Ultraviolet. Its Science and Technology.* Edited by A. E. S. GREEN. A vol. in-8, of XIV-390 pages, with many figures and tables. John Wiley & Sons, Inc., London, 1966. Sans indication de prix.

Il s'agit d'une véritable encyclopédie spécialisée qui dans le modeste espace de 390 pages rassemble la contribution de bien dix-huit spécialistes, subdivisée en quinze chapitres, destinés à autant de sujets d'actualité brûlante. C'est pourquoi l'ultraviolet a repris une place de premier plan dans le domaine des recherches comme conséquence de la partie qu'il joue dans l'activité astronautique. La nécessité d'avoir le plus grand nombre possible d'informations sur l'entité et le comportement du rayonnement extra-atmosphérique a ramené l'intérêt des physiciens sur l'ultraviolet. Le développement connu par ces études dans les dernières vingt années est documenté par la vaste bibliographie et par le catalogue incroyablement riche en chercheurs dont est complété le volume. Celui-ci est présenté par S. S. Ballard dans la préface duquel sont bien mis en évidence les mérites et l'utilité de l'ouvrage. Même si, comme tous les ouvrages composés en commun par de nombreux auteurs, il y a parmi les divers chapitres une certaine hétérogénéité, il n'y a aucun doute que ceux-ci intéressent tous les physiciens intéressés à l'étude du rayonnement en général. Pour les spécialistes, ensuite, de l'ultraviolet et des études spatiales, l'ouvrage est vraiment précieux, en tant que mise au point qui réunit beaucoup d'études, autrement disséminées dans des périodiques pas toujours faciles à trouver. C'est spécialement ces chercheurs qui seront reconnaissants à A. S. E. Green qui s'est occupé du recueil.

Arcetri-Firenze, Istituto Nazionale di Ottica.

V. RONCHI

A. WEGENER. - *The Origin of Continents and Oceans.* Translated from the Fourth Revised German Edition by J. BIRAM. A vol. in-8, of X-246 pages, with 63 figures. Dover Publications, Inc., New York, 1966. Price, unbound, Doll. U.S.A. 2,00.

La première édition de ce livre célèbre vit le jour en allemand en 1915, la quatrième, revue et en partie mise à jour par l'Auteur, en 1928, à peine deux ans avant la mort de Wegener survenue au cours d'une expédition au Groenland. Mais ce dernier avait alors exprimé l'opinion qu'une révision successive nouvelle aurait dépassé ses forces, puisque la littérature relative au sujet était déjà devenue trop vaste et surtout trop spécialisée pour pouvoir être embrassée avec sécurité par un savant isolé: pourtant, c'était son désir, au cas de réimpressions ultérieures, que celles-ci soient publiées sans modifications.

En effet, même la présente édition anglaise, à nouveau traduite de la quatrième allemande, conserve le texte de cette dernière, et la même bibliographie (229 numéros) s'arrête à 1928. Un très abondant matériel concernant le problème de la dérive des continents a paru dans les dernières quarante années, on a tenu des congrès contradictoires sur ce sujet, on a passé de façon répétée le pour et le contre au crible. Et pourtant, la réédition du texte wegenerien apparaît tout autre qu'inutile: le livre du géophysicien allemand est devenu un classique dans le domaine des sciences de la Terre, et, en tant que tel, il peut faire abstraction du temps et des progrès ininterrompus de la science. Celui-ci est un ouvrage de base, nouveau d'intuition, stimulant de réflexions, suscitateur de problèmes, et pour cela toujours de lecture séduisante et intéressante. Un bref appendice bibliographique, avec la citation des ouvrages les plus récents fondamentaux sur la question, aurait été, toutefois, une adjonction bienvenue au lecteur.

Etant donné la notoriété de l'ouvrage il n'apparaît pas nécessaire d'en donner ici un sommaire. Nous rappellerons, en revanche, que le texte est précédé de la brève notice biographique de l'Auteur, rédigée par son frère Kurt pour la quatrième édition, et que très utile se révèle l'index analytique des lieux, des noms personnels et des sujets.

Firenze, Università, Istituto di Geografia.

A. Sestini

***. - *Airborne Microbes.* Seventeenth Symposium of the Society for General Microbiology held at the Imperial College, London, April 1967. A vol. in-8, of XII-386 pages, with many figures, tables and plates. Cambridge University Press, London, 1967. Price, bound, sh. 75.

Sont publiées les communications et les discussions du dix-septième symposium (avril 1967) de la Société anglaise de Microbiologie générale.

Le sujet traité concerne les microbes transportés par l'air. La première section considère, du point de vue physique, les mouvements de l'air respectivement dans la troposphère, dans la basse atmosphère et dans les milieux. La seconde est de nature technique et a trait, à savoir, aux moyens modernes de prélèvement des échantillons à diverses hauteurs du sol; la troisième de l'admission des microorganismes dans l'air et à leur libération successive. La quatrième section s'occupe des mécanismes par lesquels se produit la diffusion et la croissance des germes transmis par l'air, le dernier chapitre considère le transport microbien dans l'atmosphère et dans l'espace.

Dans les différents exposés est prospectée une grande quantité de problèmes, dont certains très complexes et, ainsi qu'il est prévisible, de solution non rapide.

D'un intérêt actuel particulier sont les deux exposés qui concernent les microbes qui peuvent se trouver dans l'espace.

Tout le symposium exprime le grand soin des conférenciers, soit dans l'exposition de leurs propres résultats expérimentaux et de ceux des autres chercheurs dans le même domaine, soit dans la prospection des différentes possibilités pour les encadrer dans des concepts généraux, en indiquant aussi les voies possibles d'approfondissement et de développement des recherches.

Napoli, Università, Istituto di Patologia Generale.

L. Califano

J. Buettner-Janusch. - *Origins of Man. Physical Anthropology.* A vol. in-8, of xxviii-674 pages, with 144 figures and XCIV tables. John Wiley & Sons, Inc., London, 1966. Price, bound, sh. 80.

This is an extensive book on physical anthropology, with recent and up-to-date information. It is divided in two parts. In part One severel general subjects are treated, such as: evolution: terms and concepts; evolutionary rates, the principles of systematics. The remaining space of the first part (from page 51 to 339) is devoted to a thorough review of the anatomy of the Primates, to the fossil and living representatives of this order, including the systematics of the *Hominoidea* and *Hominidae*. Part Two (from page 345 to 623) is the anthropological section properly speaking: some chapters, however, deal with general subjects which are usually considered as rather remote from anthropology proper, e.g.: the chemical and structural bases of heredity, evolution and genetic equilibrium. The way in which physical anthropology is dealt with is altogether quite modern and far from the scheme of classical models: more genetical and physiological than descriptive. Very little skulls and skeletons, more on integuments, much more about genetics in general, human blood groups of man and primates, hemoglobin and biochemical variants. The last chapter is a discussion on human evolution today.

Many bibliographic references, a glossary and good author and subject indexes contribute in making this book an extremely useful reference text, besides being a quite readable introduction to modern anthropology.

Roma, Università, Istituto di Genetica.

G. Montalenti

A. Rhodes and D. L. Fletcher. - *Principles of Industrial Microbiology.* A vol. in-16, of xviii-320 pages, with 50 figures, VI tables and 1 plate. Pergamon Press, Oxford, 1966. Price, unbound, sh. 35.

Le mérite de ce volume réside dans le fait d'avoir su exposer en des pages peu nombreuses une somme de sujets divers et complexes.

Ne fait pas défaut une partie sommaire générale, d'ailleurs limitée aux seules questions de technique.

Dans la partie spéciale sont passés en revue, et mis particulièrement en évidence, les processus fermentatifs. Originale la distinction qui sépare les fermentations liées à une seule intervention enzymatique de celles qui impliquent, au contraire, une série coordonnée de réactions métaboliques. Très à jour et clairs les schémas relatifs.

Ne sont pas ignorés les problèmes relatifs à la culture continue, ceux de microbiologie alimentaire et ceux inhérents, enfin, à la préparation des vaccins.

La lecture de ce livre comporte pour le lecteur, c'est clair, une préparation préalable.

Pisa, Università, Istituto di Patologia Vegetale e di Microbiologia Agraria.

O. VERONA

A. H. MÜLLER. - *Lehrbuch der Paläozoologie.* BAND III: *Vertebraten.* TEIL I: *Fische in weiterem Sinne und Amphibien.* Ein Band in-8, von XVI-640 Seiten, mit 698 Abbildungen im Text. Veb Gustav Fischer Verlag, Jena, 1966. Preis, geb., DM. 76,20.

Dans les fascicules VII-VIII du volume CI : 1966 (p. 376) de cette revue j'ai analysé le Vol. II, Partie 2 de ce traité de Paléozoologie de Müller, et déjà alors, j'ai écrit qu'il s'agissait d'un ouvrage de grande valeur; ouvrage strictement technique, destiné de façon prédominante aux paléontologistes, mais également consultable avec profit par les zoologistes. Le volume auquel il est fait mention maintenant embrasse l'étude des Vertébrés inférieurs: Poissons dans un sens très large et Amphibiens.

Précèdent quelques notions générales auxquelles succède l'exposition des divers groupes: des Agnathes aux Amphibiens, dans laquelle sont compris soit les classes, soit les ordres exclusivement fossiles, soit ceux qui, à côté des formes fossiles, sont constitués par un nombre très élevé d'espèces vivantes. Et les nombreux rappels à l'espèce vivante présentent un grand intérêt, parce qu'ils encadrent mieux les fossiles dans le système général, afin d'en rendre plus facile l'interprétation aussi en fonction de leur philogenèse. Ample développement de l'exposition des Poissons les plus primitifs, tels p. ex.; Ostéostraci, Anaspida, Hétérostraci, Placodermi, Crossoptérygii et parmi les Amphibiens: les Lepospondyli et les Aspidospondyli. Analytiquement sont passés en revue, de chaque classe: ordres et sous-ordres, avec description de leurs représentants typiques et leur distribution dans les diverses ères géologiques.

Une excellente et riche iconographie et une très vaste bibliographie, qui accompagne chaque chapitre, complètent cet ouvrage, encore qu'il soit, ainsi que déjà dit, strictement spécialisé, on n'en pouvait que signaler le contenu.

Genova, Museo Civico di Storia Naturale.

E. ZAVATTARI

Available From October 1959

CONTEMPORARY PHYSICS

A Journal of Interpretation and Review

Editor:
G. R. Noakes, M. A., F. Inst. P.
Editorial Board:
Consultant Editors:
Sir Lawrence Bragg, O.B.E., M.C., M.A., D.Sc., F.R.S.
Sir George Thomson, M.A., D.Sc., F.R.S.
Advisory Editors:
Professor L.F. Bates, Ph.D., D.Sc., F.R.S.
Dr. K. A. G. Mendelssohn, F.R.S.
Dr. F. A. Vick, O. B. E.

This new Journal will feature surveys of recent advances in physics, and interpretations of new theoretical concepts, both at a relatively elementary level, suitable for teachers in schools and colleges and for industrial scientists. It will also contain papers on the historical, philosophical, and educational aspects of the subject. It should commend itself strongly to the teacher who wishes to gain a first-hand picture of physics in Britain, contributed by many of its leading figures. The educational problems of syllabus, treatment, training and supply of teachers, and equipment that are common to both countries will be discussed in a regular series of articles by experts.

Price per part 5s. od. (660 L.) plus postage

Subscription price per volume (6 parts)
40s. (3.540 L.) post free, payable in advance

Printed and Published by

TAYLOR & FRANCIS LTD

Red Lion Court, Fleet Street, London, E. C. 4, England

La Chimica e l'Industria

"Giornale di Chimica Industriale ed Applicata" — "L'Industria Chimica"

ORGANO UFFICIALE DELLA
SOCIETÀ CHIMICA ITALIANA

Rivista mensile pubblicata dalla
Soc. p. Az. Editrice di Chimica
20121 Milano, Piazzale Rodolfo Morandi, 2

Contiene:

Memorie originali italiane;
Rassegna della produzione scientifica e tecnica;
Rassegna del movimento commerciale e industriale mondiale interessante i chimici;
Corrispondenze; Listino prezzi.

Prof. ALBERTO GIRELLI, Direttore

Direz. e Amm.: Milano - P.le Rodolfo Morandi, 2
Redazione: 20121 Milano - P.le Rodolfo Morandi, 2
00198 Roma - Viale Liegi, 48

Abbonamento annuo per il 1968:
Italia: L. 13.500
Estero: Europa L. 16.000; Altri Paesi L. 17000
Numero separato: Italia: L. 1.350
Estero: Europa L. 1.600; Altri Paesi L. 1.700

BOLLETTINO DI GEODESIA E SCIENZE AFFINI

RIVISTA SCIENTIFICA E TECNICA DELL'ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE
T R I M E S T R A L E

Pubblica articoli e memorie su argomenti di geodesia, cartografia, fotogrammetria topografia, ottica, radar. — Intorno a queste discipline: segnala e recensisce opere ed articoli di periodici nazionali ed esteri; fornisce resoconti su congressi, conferenze e convegni; dà notizie dell'attività nel campo delle ricerche ed in quello sperimentale; risponde ai quesiti posti dagli abbonati.

PREZZI E CONDIZIONI DI ABBONAMENTO

ITALIA . . . . . L. 2.400
Abbonamento cumulativo con la Rivista «L'Universo» . . . L. 4.500

ESTERO . . . . . L. 4.600
Abbonamento cumulativo con la Rivista «L'Universo» . . . L. 9.000

Un fascicolo arretrato *(se disponibile)*
Italia L. 1.000
Estero L. 1.300

L'importo degli abbonamenti o fascicoli arretrati dovrà essere inviato anticipatamente all'**ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE** - Via C. Battisti 10, - 50122 Firenze (Italia), a mezzo versamento sul Conto Corrente Postale n. 5/5393.

Journal de Chimie Physique

Le **Journal de Chimie Physique,** fondé en 1903 par Ph. GUYE, a été repris par la Société de Chimie Physique, en 1923. La direction scientifique du Journal est assurée par trois Comités: belge, français et suisse. Le **Journal de Chimie Physique,** est un véritable organe international qui publie les mémoires de Chimie Physique de savants français et étrangers. Il est par conséquent indispensable à tous ceux qui désirent se tenir au courant des progrès de la Chimie Physique. Il forme chaque année un volume de plus de 800 pages contenant, en dehors des mémoires originaux, les procès verbaux scientifiques de la Société de Chimie Physique fondée à Paris en 1908, et des mises au point.

Prix de l'abonnement:

Abonnés ordinaires:
France ..... 120 NF
Étranger ..... 150 NF

Membres de la Société de Chimie-Physique:
France ..... 75 NF
Étranger ..... 90 NF

LIBRAIRES. — Les abonnements pris par les libraires ne sont acceptés qu'aux prix de 120 NF pour la France et 150 NF pour l'étranger.

Adresser les demandes de spécimens et demandes d'abonnements **au Trésorier de la Société de Chimie Physique, 8 rue Cuvier PARIS Ve**

M. Durand et P. Favard. - *La cellule.* Un vol. in-8 (de la *Collection Méthodes*), de 224 pages, avec 74 figures en noir et en couleurs. Hermann, Paris, 1967. Prix, broché, 39 F.

A. Berkaloff, J. Bourguet, P. Favard et M. Guinnebault. - *Biologie et physiologie cellulaire.* Un vol. in-8, de 322 pages, avec 176 figures en noir et en couleurs. Hermann, Paris, 1967. Prix, broché, 40 F.

« La cellule » est un manuel sur la structure cellulaire issu de la collaboration entre un microscopiste électronique, P. Favard, et un biochimiste, M. Durand, qui ensemble s'efforcent de fournir au lecteur les bases moléculaires de la structure élémentaire des organismes vivants. Je dirais que l'effort est pleinement réussi et que le livre est vraiment à conseiller pour la clarté de l'exposition, la mise à jour parfaite de cette matière difficile et l'efficacité des très nombreux schémas très heureux sur le plan didactique.

« Biologie et physiologie cellulaire » en est la continuation naturelle. Celui-ci est le fruit du travail d'une équipe plus vaste de cytologistes qui, toujours avec la même très efficace méthode didactique, projettent un excellent panorama des connaissances actuelles sur la dynamique de la cellule. Là, les organelles cytoplasmiques et nucléaires sont examinés en tant que protagonistes de toutes les fonctions cellulaires, et cette perspective permet des parallélismes ultérieurs entre les données morphologiques et les données biochimiques. Ne fait pas défaut un excellent chapitre sur les virus. La passion des auteurs transparaît da façon très vivante dans le style insinuant, dans les fréquentes ouvertures historiques et dans les chapitres consacrés aux techniques d'exploration, au point qu'on peut penser que la lecture de « La cellule » et de « Biologie et physiologie cellulaire » pourrait gagner beaucoup de jeunes à la biologie de la cellule.

Siena, Università, Istituto di Zoologia.

B. Baccetti

L. Von Bertalanffy. - *Robots, Men and Minds.* Psychology in the Modern World. A vol. in-8, of x-150 pages. George Braziller, Inc., New York, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 5,00.

Dans la première partie du volume, l'auteur développe une critique serrée de la psychologie mécaniste, fondée sur le principe de la régulation homéostatique, en en saisissant les implications idéologiques: psychologie comme technologie de la manipulation de masse, du conformisme de la consommation, du renoncement à la liberté. La psychologie du robot est un excellent instrument pour l'aplatissement uni-dimensionnel de l'homme (Marcuse).

Comme alternative à une psychologie ainsi faite, l'A. propose en termes généraux une vision olistique de l'homme en tant que « système ouvert » doué de spontanéité et créateur de symboles, que l'on peut rapprocher sous maints aspects de la psychologie de la personnalité de G. Allport, qui se réfère à cette orientation olistique qui s'est affirmé entre 1920 et 1930 en embryologie, psycho-

logie et sociologie et dont l'A. a été l'un des premiers et des plus valables partisans.

Bologna, Università, Istituto di Psicologia.

R. CANESTRARI

A. GOUDOT-PERROT. - *Cybernétique et Biologie.* Un vol. in-16 (de la collection « *Que sais-je* »?, N. 1257), de 126 pages, avec 13 figures. Presses Universitaires de France, Paris, 1967. Prix, broché, 3 F.

La Bio-cybernétique est une science nouvelle qui est en train de se développer à partir de deux disciplines déjà développées: la Biologie et la Cybernétique.

La Biologie est l'étude des êtres organisés et c'est une science beaucoup plus vieille que la Cybernétique, laquelle, officiellement, a débuté avec la publication du livre de Wiener intitulé, justement, « Cybernetics ».

La Biocybernétique, ou Cybernétique des êtres vivants, est traitée dans le petit volume de Goudot-Perrot, en prenant en considération les divers degrés de l'échelle des êtres organisés: on part de la transmission de l'information par voie cellulaire, on passe ensuite à la coordination entre divers messages qui parviennent, enfin, à travers les invertébrés les plus complexes, au cas de l'homme. Le langage utilisé est rigoureux, mais pas trop technique; en outre, on cherche à éviter la description trop en détail des centres nerveux.

La subdivision de la matière nous l'entrevoyons d'un coup d'oeil à l'index de ce petit volume, à notre avis on ne peut plus agréable et discursif. Des six chapitres, le premier est consacré à la Cybernétique de la cellule, en partant de l'ADN comme générateur d'information et base du code génétique; le second est consacré au neurone; le troisième chapitre traite du système nerveux réflexe, le quatrième, les systèmes supérieurs de contrôle et de coordination, le cinquième, la Cybernétique des voies sensorielles et spontanées, et, enfin, le sixième chapitre aborde le problème de la mémoire.

Le livre se termine par certaines considérations sur la question qui se pose spontanément, après un coup d'oeil au traitement que l'information sensorielle subit à travers la vaste gamme des êtres vivants, de la cellule à l'homme: pourra-t-il jamais exister un être avec un système d'organisation supérieur à celui de l'homme? La réponse à cette question inquiétante est façonnée par l'équilibre entre informations héréditaires, informations acquises et les concepts d'adaptation et de régulation.

Arcetri-Firenze, Istituto Nazionale di Ottica.

L. ROSITANI

P. F. BORTONE S. J. - *P. Matteo Ricci S. J. Il Saggio d'Occidente.* Seconda edizione. Un vol. in-8, di 564 pagine, con 127 illustrazioni e tavole fuori testo. Desclée & C. Editori Pontifici, Roma. Prezzo, non rilegato, L. 9000.

Ce beau livre, déjà apprécié dans sa première édition, a paru dans une présentation très digne dans la seconde, dédié par l'Auteur « à l'héroïque Chrétienté chinoise, gloire impérissable du P. Matteo Ricci S. J. ». Nul mieux que le P. Bortone pouvait décrire d'une manière aussi complète la vie et les oeuvres du grand missionaire, qui veulent être aussi un prélude d'une histoire complète des Pères jésuites italiens en Chine Centrale. L'Auteur, rapatrié à la suite de la révolution qui a ébranlé la Chine, écrivit et publia la première édition il y a quinze ans, à l'occasion du quatrième centenaire de la naissance du P. Ricci. Son intéressant récit obtint tant d'approbation qu'il l'incita à le réélaborer avec de nouvelles remarques originales et recherches, concernant le P. Ricci et la civilisation chinoise en son temps.

Le livre est divisé en quatre parties, dont les titres seuls donnent une idée de l'importance de l'ouvrage: 1) « La formation de l'apôtre » du début de sa vie à sa vocation missionnaire et le séjour à Goa en Inde. 2) « Le domaine de l'apostolat », qui parle des conditions, des courants religieux, de la moralité et des coutumes de la Chine en ce temps. 3) « Les étapes de la conquête » dans laquelle sont décrites les difficultés pour s'introduire et se faire connaître jusqu'à la capitale du Sud, Nankin, et finalement à Pékin. 4) « Le Saint et docte missionnaire » qui rassemble les résultats obtenus par le P. Ricci en 28 années de travail consécutif en Chine pour la diffusion de la culture occidentale et pour la diffusion de la foi.

Les ouvrages les plus importants du P. Ricci sont: « La genuina nozione di Dio », très apprécié et réclamé également par les mahométans du Tche-Tchian et l'ouvrage: « Della entrata della Compagnia di Gesù e cristianità nella Cina » dans lequel il fait connaître l'Italie aux Chinois non seulement, mais aussi la Chine aux Italiens. Remarquable est autrement le fait que la mission du P. Ricci ne se borna pas à la partie religieuse, mais s'étendit d'une manière considérable à d'autres domaines, comme celui de l'astronomie construisant, par exemple, de nombreuses sphères célestes, de globes célestes, de quadrants et de sextants qu'il diffusa parmi les lettrés et les mandarins; dans les cartographies dessinées, la fameuse mappemonde chinoise et dans le domaine de la mathématique en traduisant en chinois les six premiers livres d'Euclide.

Le livre est enrichi de nombreuses illustrations, très belles celles en tables hors-texte, reproduisant une collection de tableaux sur la vie du P. Ricci, du peintre chinois Yang Ying-feng.

A la fin de l'intéressant volume on lit que le cimetière catholique de Tchia-lan a été transformé par les communistes en une école, en laissant pourtant intact les stèles des trois plus célèbres missionnaires (P. Ricci, P. Schall, P. Verbiest) qui travaillèrent comme savants à la Cour impériale chinoise et la mémoire desquels ne périra pas dans le temps ni en Chine, ni en Italie.

Firenze, Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

G. Abetti

MINERVA MEDICA

Tra le riviste mediche italiane è la più dinamica di tutte nel volere e nel ricercare diuturnamente il meglio. Diretta dai Proff. P. Bastai, A. Beretta, G. C. Dogliotti e con Direttore Responsabile il Prof. T. Oliaro, gode della collaborazione di tutti i più importanti Clinici e Patologi italiani ed in ogni suo fascicolo riporta: memorie originali, conferenze, lezioni cliniche, prolusioni, tutte compilate da Autori di nota importanza; casistiche cliniche, recensioni, note e appunti su quanto di interessante per il medico pratico si pubblica nelle Riviste mediche d'Italia e dell'Estero; resoconti e congressi delle Società scientifiche, notiziario, concorsi, curiosità mediche ed un'ampia letteratura medica periodica nella quale sono regolarmente e rapidamente riportati i sommari delle più importanti riviste mediche di tutto il mondo. Cosicchè lo studioso ha a portata di mano tutta, si può dire, la bibliografia medica corrente.
Con il folto gruppo di periodici medici che la MINERVA MEDICA ha raccolto intorno a sè e tra cui meritano di essere menzionati: la « Minerva Chirurgica » (rivista quindicinale di chirurgia pratica), la « Minerva Pediatrica » (settimanale), la « Minerva Ortopedica », la « Minerva Anestesiologica », la « Minerva Ginecologica », la « Minerva Urologica », la « Minerva Nucleare » e la « Radiologia Medica » e con la creazione della « Panminerva Medica » rassegna della medicina italiana in lingua inglese e di « Vitalità » mensile di attualità, informazione ed educazione sanitaria, il Gruppo Giornalistico Minerva Medica si è messo all'assoluta avanguardia per la valorizzazione della Scienza Medica Italiana e per la sua diffusione all'estero.

MINERVA MEDICA

Gazzetta bisettimanale per il Medico pratico.

Abbonamento annuo Lire 13.000; *estero* 20.000

VITALITÀ

Rivista mensile di cronaca, attualità, educazione sanitaria

Abbonamento annuo Lire 2.200; *estero* 3.500

TORINO - *Casella Postale* 491.

Revue yougoslave la plus citée

REVUE DE LA POLITIQUE INTERNATIONALE

— Review of International Affairs
— Internationale Politik
— Política Internacional
— Mejdounarodnaia politika
— Medjunarodna politika

est une précieuse source d'information pour tous ceux qui désirent connaître les points de vue yougoslaves sur les événements internationaux et les développements politiques, économiques et sociaux en Yougoslavie.

DIX-NEUVIÈME ANNÉE DE PARUTION

Abonnement annuel (24 numéros):
Poste ordinaire . . . . . US $ 6.00
Poste aérienne Europe . . . US $ 7.00
ou l'équivalent en d'autres monnaies

SPÉCIMEN GRATUIT SUR DEMANDE

Pour toute information, prière de s'adresser au

Service de Diffusion

REVUE DE LA POLITIQUE INTERNATIONALE

B. P. 413, BELGRADE - Yougoslavie

RIVISTA MILITARE

Direzione: Via S. Marco, 8 - 00186 Roma
Telefoni: civile 674.200; mil. 3360 - c. c. postale 1-480

CONDIZIONI DI ABBONAMENTO PER IL 1968

Italia: individuale per gli appartenenti alle Forze Armate (ufficiali in congedo compresi) . . . . . L. 1500
per i Comandi, Circoli, Enti militari L. 2000
per i privati . . . . . L. 4000
Estero . . . . . L. 6000

L'abbonamento decorre per anno solare.

L'importo per l'abbonamento deve essere inviato alla: **RIVISTA MILITARE** Via S. Marco, 8 - Roma a mezzo di assegno bancario o vaglia postale o versamento sul conto corrente postale n. 1-480

Con la richiesta di abbonamento è necessario precisare: Grado - Cognome e Nome - Ente o reparto o indirizzo privato.

CAMBIO INDIRIZZO: Le richieste vanno accompagnate da Lire 40.

La **RIVISTA MILITARE**, periodico mensile illustrato, oltre alla divulgazione dei nuovi orientamenti del pensiero militare scaturiti dalle più recenti esperienze di guerra, tratta tutti quegli argomenti - scientifici, storici, economici, giuridici, ecc. - che comunque possano interessare la preparazione del paese alla difesa. Ciascun numero, poi, contiene numerose recensioni ed un esteso notiziario relativo a tutto ciò che si attua nel campo militare estero.

RIVISTA DI MEDICINA AERONAUTICA E SPAZIALE

PUBBLICAZIONE TRIMESTRALE

a cura del Servizio Sanità Aeronautica

●

È l'unico periodico italiano, ed uno dei tre che si pubblicano attualmente nel mondo, specializzato nel campo della Medicina aeronautica e spaziale.

Pubblica lavori originali di fisiologia, patologia, igiene dell'uomo in volo e di tecnica fisiologica aeronautica; rubriche di aggiornamento su problemi medici di interesse aeronautico e divulgazioni su argomenti tecnici riguardanti il volo, in campo militare, civile e sportivo.

La Rivista contiene anche articoli di notevole interesse per il medico generico.

Collaborano alla Rivista le massime personalità universitarie ed aeronautiche ed un gruppo di redattori specializzati in Medicina aeronautica e spaziale.

ABBONAMENTI

Italia L. 5.000 - Estero L. 10.000

FASCICOLI SEPARATI

normale: Italia L. 1.300 - Estero L. 2.600
doppio: Italia L. 2.600 - Estero L. 5.200

Direzione, Redazione ed Ufficio amministrativo:
VIA PIERO GOBETTI, 2 - 00185 ROMA

CRONACA - CHRONIQUE - CHRONICLE - CHRONIK - CRONICA

Le attività spaziali condotte dall'Istituto di ricerca sulle onde elettromagnetiche.

Tra le molte attività scientifiche e tecniche svolte dall'Istituto di ricerca sulle onde elettromagnetiche di Firenze (così è stato ristrutturato, dal mese di maggio 1968, il precedente Centro per la fisica delle microonde) rilevanti sono le attività di ricerca spaziale.

Prosegue, attualmente, la collaborazione dell'Istituto alle ricerche del Gruppo J.S.S.G. (Joint Satellite Studies Group), costituito da alcuni laboratori in Europa, in America, in Asia e in Africa, miranti alla raccolta di dati statistici sul contenuto elettronico e sulla scintillazione, mediante l'analisi secondo metodi unificati dei segnali emessi dai satelliti artificiali.

L'Istituto ha studiato e realizzato vari apparati di bordo per la trasmissione di informazioni da satelliti e razzi. Tali sistemi comprendono trasmettitori, sistemi di telemetria (analogici e numerici) ed antenne di bordo.

Nuove ricerche ed attività hanno avuto inizio recentemente. Esse comprendono, tra l'altro, misure di campo elettrostatico nell'alta atmosfera (con elettrometri) e l'allestimento di una stazione ricevente di telemetria, per l'eventuale costituzione di un servizio nazionale.

Sono stati proseguiti gli studi teorici e sperimentali, iniziati già da tempo, aventi lo scopo di determinare, attraverso l'osservazione degli echi radar dalle tracce delle meteore, le caratteristiche del flusso delle meteore sporadiche. In particolare è stata compiuta un'indagine sulla distribuzione dei « radianti ». I primi risultati di tale indagine hanno indicato che il flusso delle meteore si può considerare composto da due parti: una dovuta a meteore compatte con radianti uniformemente distribuiti sulla sfera celeste, l'altra a meteore molto meno dense (dust-balls) addensate nel piano dell'ellittica.

L'Istituto ha proseguito anche lo studio sperimentale di possibili correlazioni fra meteore-radar e polvere cosmica. A questo scopo sono state installate tre stazioni di raccolta della polvere presso altrettanti Fari della Marina, nelle isole dell'arcipelago toscano.

Un'altra ricerca nel campo delle meteore riguarda la possibilità di studiare la densità della polvere cosmica a livelli ionosferici e le sue variazioni, attraverso l'osservazione sperimentale di alcune modalità della propagazione dei segnali a bassa frequenza. Queste ultime ricerche sulla polvere cosmica sono fatte in collaborazione con il C.N.R.S. francese.

L'Istituto di ricerca sulle onde elettromagnetiche partecipa anche alle attività relative al Progetto San Marco, con l'esecuzione coi satelliti San Marco 1 e 2 di esperienze sulla propagazione ionosferica delle radioonde e di misure locali delle irregolarità nella densità elettronica.

In particolare è stata progettata e realizzata l'apparecchiatura di bordo per l'esperimento ionosferico del San Marco 2 comprendente un trasmettitore su 20,005 MHz, un misuratore di accordo di antenna, un sistema di telemetria PDM e una particolare antenna. Il trasmettitore è stato tenuto in funzione su comando da terra dal 26 Giugno al 15 Luglio 1967. Durante tale periodo il Centro Microonde ha effettuato un programma di indagini sulla propagazione ionosferica nella zona equatoriale. Lo scopo principale di questo programma è stato lo studio sistematico della propagazione a lunga distanza dei segnali del satellite e della struttura delle irregolarità locali della densità elettronica alla quota del satellite. Quest'ultimo esperimento è stato effettuato a mezzo di un sensore a bordo del satellite, capace di misurare le variazioni di impedenza dell'antenna a 20,005 MHz, causate dalle variazioni della densità elettronica circostante.

Per le suddette esperienze è stata assiemata una stazione portatile ricevente che è stata installata a Nairobi ove è stata tenuta in funzione con la collaborazione dell'« University College » di Nairobi. Durante il periodo dell'esperimento ionosferico la stazione del precedente Centro Microonde a Nairobi ha registrato su carta circa 280 passaggi del satellite. Attualmente è in corso l'analisi delle registrazioni su nastro magnetico dei segnali a 20,005 MHz del San Marco 2 effettuate a Nairobi per un periodo di circa 360 ore e di quelle ottenute dalle stazioni NASA di Quito e Lima, allo scopo di studiare la propagazione a lunga distanza.

I segnali di telemisura della sonda per la misura diretta della densità elettronica sono stati registrati dalla stazione italiana mobile di telemetria del Centro Richerche Aerospaziali a Nairobi per circa 130 passaggi. L'analisi di questi dati è anch'essa in corso allo scopo di ottenere informazioni sulla distribuzione di ampiezza e di dimensioni delle irregolarità.

Sono stati preparati anche alcuni apparecchi per eseguire misure locali nella ionosfera mediante razzi.

Sono proseguite le misure a terra di assorbimento del rumore cosmico con il riometer operante a 27,6 MHz.

Roma.

INFORMAZIONE SCIENTIFICA

Osservazioni scientifiche sulle cause e sulla previsione dei terremoti.

La moderna ricerca sismologica — ha affermato un gruppo di scienziati tedeschi — non è riuscita ancora del tutto a chiarire le cause dei terremoti e tantomeno a poterli prevedere. Tuttavia, nuove ricerche hanno dimostrato che le tensioni di conglomerati rocciosi, che si ritengono responsabili delle scosse tettoniche, danno luogo a curve di sviluppo più complicate di quello che finora si ritenesse. Ancora, mutamenti nel contenuto acqueo delle roccie possono aumentare la « lubrificazione » tra i diversi strati geologici che determinano spostamenti nella profondità della Terra che provocano le scosse sismiche.

Oltre a ciò non solo oscillazioni di pressione nelle rocce secondo il cosiddetto effetto « piezoelettrico » possono provocare variazioni del campo elettro-

magnetico della Terra ma viceversa variazioni del campo elettromagnetico della Terra possono provocare variazioni di pressione nelle rocce. Queste variazioni elettromagnetiche possono, a loro volta, essere influenzate dalle eruzioni di radiazioni del Sole ed anche dal sistema magneto-idrodinamico che la rotazione del globo terrestre provoca.

Una tempestiva segnalazione delle scosse sismiche potrebbe essere ottenuta — secondo il parere di ricercatori americani — mediante la erezione di numerosi centri di osservazione.

Si deve rilevare, inoltre, che il problema della previsione dei terremoti costituisce un settore di studio dell'Istituto di sismologia della Repubblica sovietica dell'Uzbekistan. Il Vice Direttore dell'Istituto, Valentin Ulonov, ha posto in rilievo recentemente le caratteristiche di un particolare « indicatore » locale dei terremoti: la presenza nelle acque minerali di Tashkent del gas naturale radon. Il radon ha la peculiarità di non inserirsi in alcuna reazione chimica. In seguito alle indagini svolte a Tashkent, si è potuta scoprire la seguente legge. A partire dal 1957 il radon contenuto nell'acqua minerale è cominciato a diminuire sensibilmente. Verso la metà del 1965 è quasi raddoppiato. In seguito, la concentrazione di radon è aumentata ancor più rapidamente, mentre dall'ottobre 1965 sino al 26 aprile 1966 è restata quasi immutata. Com'è noto il terremoto di Tashkent si è verificato proprio il 26 aprile. Successive registrazioni della concentrazione di radon nell'acqua hanno dimostrato che il quantitativo di gas cresce in modo estremamente consistente poco prima delle scosse sismiche. Queste osservazioni hanno permesso ai sismologi uzbechi di prevedere il verificarsi di forti scosse con una precisione di 1-2 giorni.

Roma.

INFORMAZIONE SCIENTIFICA

Copyright by
Rivista "SCIENTIA" Editrice
Sede legale - Milano, Via Donizetti 55
Registrata presso la Cancelleria del Tribunale di Milano col N. 1276
NORA BONETTI - *Direttore Responsabile*

ODAG - OFFICINA D'ARTI GRAFICHE - MILANO

COSTRUZIONI GENERALI FARSURA

COGEFAR S. p. A.

VIALE MONTELLO 20 - 20154 MILANO

Grandi Lavori di Ingegneria Civile
in Italia ed all'Estero

Dott. Ing. GIUSEPPE TORNO & C. S. p. A.

Via Gen. Albricci 7 - MILANO - Tel. 802.741 (5 linee)
Impresa di Costruzioni e Consulenze

Costruzioni idrauliche, idroelettriche, stradali, industriali, elettronucleari.
Progettazione ed assunzione di lavori all'estero.

PONTEGGI TUBOLARI DALMINE INNOCENTI S.p.A.

Direzione: 20121 Milano - Piazzetta Bossi, 1
Stabilimento: 20147 Milano - Via Gonin, 25
Uffici Agenzie e Depositi in tutta Italia
Consociate e Rappresentanti all'Estero

Strutture tubolari smontabili in acciaio per tutte le applicazioni - Ponteggi a telai prefabbricati - Casseforme metalliche - Travi telescopiche - Puntelli regolabili - Crociere - Travi pesanti componibili per grandi getti in c. a - Scaffalature

---

CEAT S.p.A. - TORINO

CORSO PALERMO 1 - Capitale L. 10.000.000.000

Produzione:

Cavi e Conduttori Elettrici - Pneumatici
Prodotti vari in gomma e materie plastiche in genere.

CUCIRINI CANTONI COATS S.p.A.

Capitale L. 7.000.000.000
MILANO - Via Petrarca, 20

Filati cucirini per uso domestico e per uso industriale, sia di cotone che di seta e sintetici. Filati da ricamo. Filati per maglieria. Filati di lana per aguglieria.

- **Coloranti**
- **Prodotti chimici**
- **Ausiliari per l'industria tessile**

IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES (ITALIA) spa.

DIVISIONE SESACOLOR

VIA G. NEGRI, 10 MILANO - TELEX: 31282 ESACOLOR
TELEFONI 869.0361 e 869.0041 (10 linee)

Cementir

CEMENTERIE DEL TIRRENO S.p.A.

CAPITALE L. 7.250.000.000 interamente versato

SEDE E DIREZIONE GENERALE:
ROMA - Viale Gorizia, 24/D - Tel. 861.741 (5 linee)

Acciaieria e Tubificio di Brescia

25100 BRESCIA - Via F.lli Folonari 26
Telefono 53.361 Telex: 30036 ATUB

Condotte forzate per impianti idroelettrici - Corpi di caldaia - Torri e recipienti a pressione Bombole per gas compressi.

FABBRICA ITALIANA TUBI FERROTUBI S. p. A.

Sede Sociale: 20123 Milano - Via Lanzone 4
Stabilimenti: Milano e Sestri Levante (Genova)

Tubi in ferro e acciaio
senza saldatura e saldati,
carpenteria in genere

Telegrammi: TUBIFIT - Milano - Telex Milano 31383

SOCIETÀ DEL GRES MILANO ING. SALA & C.

SOCIETÀ DEL GRES
Ing. SALA & C.
20123 Milano - Via Mazzini 7
Telefono 873.257

Tubi e pezzi speciali di grès ceramico per fognature, rivestimenti e corpi di riempimento antiacidi.

NOVACETA

Società per Azioni
20121 MILANO - VIA CERNAIA, 8

Filato acetato - Silene

TICOSA S.p.A.

VIA INNOCENZO XI, 70 - COMO

"DIVISIONE TESSUTI" Inustria comense per tintura, stampa e finissaggi tessili per conto terzi.

"DIVISIONE FILATI" Filati di fibre artificiali e sintetiche elasticizzati e testurizzati per maglieria e calzetteria.

XI-XII - 1968

Annus LXII | Vol. CIII, N. DCLXXIX-DCLXXX | Series VII

"SCIENTIA,,

(RIVISTA DI SCIENZA)

Rivista internazionale di sintesi scientifica – Revue internationale de synthèse scientifique International Review of Scientific Synthesis – Internationale Zeitschrift für wissenschaftliche Synthese – Revista internacional de síntesis científica

INDEX

A. Dauvillier (France) - *Activité solaire, biogenèse et extinctions.*

J. L. Park (U.S.A.) - *Quantum Physics and the Macrocosmos.*

H. L. K. Whitehouse (U.K.) - *Chromosome Organization in Relation to the Mechanism of Crossing-Over.*

Th. von Brand (U.S.A.) - *Parasites and their Metabolism.*

J. Leite Lopes (Brasil) - *Science, humanisme et Tiers-Monde.*

W. Okoń (Polska) - *On the Teacher's Creativity.*

J. Wróblewski (Polska) - *Décision judiciaire: l'application ou la création du droit.*

RECENSIONI - COMPTES RENDUS - BOOK REVIEWS - BUCHBESPRECHUNGEN - ANALISIS DE OBRAS

PAPY. - *Mathématique moderne* (**A. Natucci**). — ***. - *Atti del convegno sulle macchie solari.* — ***. - *Atti del convegno sui campi magnetici solari e la spettroscopia ad alta risoluzione* (**R. Falciani**). — G. M. GALLI O. P. - *Spazio e tempo nella scienza moderna.* (**G. Abetti**). — W. R. ASHBY. - *Design for a Brain. The Origin of Adaptive Behaviour* (**M. Nasti**). — P. FLEURY e J. P. MATHIEU. - *Fisica generale e sperimentale* (in 8 volumi) (**G. Calamai** e **G. Godoli**). — ***. - *The Metal Plutonium.* — H. STREHLOW. - *Magnetische Kernresonanz und chemische Struktur* (**V. Lorenzelli**). — R. MASINI. - *La terra vista da un Naturalista* (**G. Abetti**). — F. RONNER. - *Systematische Klassification der Massengesteine.* — A. N. ZAVARITSKII and V. S. SOBOLEV. - *The Physicochemical Principles of Igneous Petrology* (**A. Debenedetti**). — C. MENNELLA. - *Il clima d'Italia* (**E. Migliorini**). — J. TRICART. - *Géomorphologie des régions froides* (**A. Sestini**). — F. LORETI. - *Compendio di Anatomia sistematica dell'uomo* (**R. Amprino**). — ***. - *Das vegetative Nervensystem* (**L. Califano**). — J. D. SMYTH. - *The Physiology of Trematodes.* — ***. - *Evolution of the Forebrain. Phylogenesis and Ontogenesis of the Forebrain.* — R. R. KUDO. - *Protozoology.* — A. K. TOTTON assisted by H. E. BARGMANN. - *A Synopsis of the Siphonophora* (**G. Montalenti**). — A. KÜHN. - *Grundriss der allgemeinen Zoologie.* — ***. - *Die Säugetiere der Sowjetunion.* — J. LECLERCQ et P. DAGNELIE. - *Perspectives de la zoologie européenne* (**E. Zavattari**). — E. D. P. DE ROBERTIS, W. W. NOWINSKI e F. A. SAEZ. - *Biologia della cellula* (**B. Baccetti**). — ***. - *Nerve, Brain and Memory Models.* — ***. - *Cybernetics of the Nervous System* (**V. Somenzi**). — F. H. GEORGE. - *Cybernetics and Biology* (**L. Rositani**).

CRONACA - CHRONIQUE - CHRONICLE - CHRONIK - CRONICA

From Lisbon to the Moon (**M. Båth**).

È assolutamente vietata la riproduzione e traduzione degli articoli di questa Rivista.
La reproduction et la traduction des travaux publiés dans cette Revue sont interdites.

ACTIVITÉ SOLAIRE, BIOGENÈSE ET EXTINCTIONS

L'auteur compare l'activité solaire à celle des binaires éruptives et prévoit des sursauts solaires, rares et brefs, mais de grande intensité, auxquels il attribue la perte des atmosphères résiduelles de la Lune, de Mercure et de Mars, les renversements du champ magnétique dans le passé et les grandes extinctions biologiques. La découverte récente de deux extinctions de Radiolaires, coincidant avec des inversions paléomagnétiques, semble confirmer cette hypothèse. Le Soleil est, à la fois, créateur et destructeur de vie.

I – INTRODUCTION. — L'humanité est si jeune et l'histoire si récente que la plupart des hommes croient que le décor de leur vie n'a jamais changé. Les générations sont si insouciantes que seul, le souvenir du Déluge est demeuré, mais nous savons aujourd'hui, grâce aux travaux de Sir L. Woolley, que ce ne fut qu'une forte crue de l'Euphrate qui ensevelit Ur, en Chaldée, il y a 5600 ans. Mais aucun souvenir n'est demeuré de la récente glaciation Würmienne, qui persiste encore de nos jours. Comme le remarquait naguère Martin Schwarzbach, s'il n'existait plus aujourd'hui de glaciers, il serait impossible de la reconstituer. A qui ferait-on croire, en effet, que d'énormes et pesants blocs rocheux erratiques, puissent être transportés au loin sur un lit de glace légère et plastique? Ainsi les hommes pensent que le Soleil n'a jamais changé, qu'il est toujours demeuré bienfaisant et inoffensif et que ce n'est sûrement pas lui qui détruira un jour la vie sur la Terre. Et pourtant, bien que ce soit lui qui l'ait créée il y a quelques milliards d'années, la paléontologie nous montre de soudaines et vastes extinctions, comme celle des Labyrinthodontes, il y a 200 millions d'années. La vie n'est apparue que grâce à un concours fortuit de multiples conditions favorables, à tel point, que toutes les autres planètes du système solaire sont demeurées stériles. L'apparente constance du rayonnement solaire est plutôt l'exception que la règle, car un grand nombre d'étoiles sont variables.

Nous nous proposons d'exposer brièvement ce que nous savons de l'activité solaire et de son rôle dans la biogénèse et les périodes glaciaires, en nous aidant, pour reconstituer l'atmosphère primitive du Globe, des enseignements nouveaux que nous apportent la radio astronomie et l'astronautique sur les atmosphères de Vénus et de Mars. Nous proposerons ensuite une explication des grandes extinctions biologiques en nous aidant d'une théorie nouvelle du géomagnétisme et de ses inversions dans le passé.

II – L'ACTIVITÉ SOLAIRE. — Le soleil est une étoile Naine banale de la classe G2 de la série principale, qui renferme 16 % des étoiles visibles à l'oeil nu. Notre Galaxie, ou Voie Lactée, renferme quelque cent milliards d'étoiles solaires, mais n'est cependant pas la plus grande de toutes. Il montre une température superficielle modérée de 6000° K dont la mesure fut très difficile. Bien des savants du début du siècle, se basant sur son bord net et les lois du rayonnement thermique, le considéraient encore comme un solide ou un corps fondu incandescent. Ils avaient oublié les beaux travaux théoriques de Homer Lane, qui, dès 1870, considérait déjà les étoiles comme des sphères de gaz parfait en équilibre adiabatique. Appliquant les lois des gaz, il calcula, pour la première fois, au centre des étoiles, des densités surpassant celles des métaux lourds, des pressions de plusieurs milliards d'atmosphères et des températures d'une vingtaine de millions de degrés, qui furent confirmées, un demi-siècle plus tard, par Sir Arthur Eddington. Le gaz demeure parfait parce qu'il est dissocié en noyaux atomiques et en électrons très petits.

Cette température de 6000° K est déjà supérieure à la température critique de tous les corps et à celle de dissociation de toutes les molécules, si bien qu'il ne pouvait être que gazeux. Mais, d'après la théorie cinétique des gaz, la pression variant exponentiellement en fonction du rayon de l'étoile, il ne saurait exister de discontinuité de pression simulat un bord net. Celui-ci est dû à un phénomène particulier: la granulation photosphérique qui est de la nature de l'arc électrique [1]. Ainsi, dans une tube à vide où la pression est quasi-uniforme, la lumière positive brillante peut-elle montrer un bord net.

Cette interprétation est confirmée par le fait que les taches solaires, de niveau plus profond, montrent une température très inférieure voisine de 4000° K, qui les fait paraître noires par contraste. Celle ci serait la véritable témpérature superficielle du Soleil, si la granulation n'existait pas.

Bien que le rayonnement thermique du Soleil, exprimé par la «constante solaire», — soit, un flux de 2 calories par centimètre carré et par minute, au niveau de la Terre et hors de l'atmosphère, — demeure constant à 2% près, le Soleil est, en réalité, une étoile variable qui suit un cycle apparent de 11 ans. Il est défini par le nombre et la position des taches, des facules, des protubérances, par l'émission radioélectique, ultraviolette, de rayons X et la forme changeante de la couronne visible durant les éclipses totales. Le magnétisme des taches solaires montre le cycle plus fondamental de Hale, de 22 ans.

La mesure de cette activité, par le nombre dit de Wolf, relatif aux taches solaires, s'effectuant depuis près de deux siècles, a décelé une seconde période de 80 ans. Une plus longue encore, de 400 ans, (F. Link) demeure incertaine. Elle se déduit de la fréquence des grandes aurores polaires relatées dans les chroniques du Moyen Age. Les antiques

Annales chinoises, qui nous ont transmis des catalogues de taches solaires visibles à l'oeil nu depuis l'an 301 et de chutes de météorites depuis l'an — 3772, sont malheureusement presque muettes sur les aurores, les latitudes géomagnétiques de la Chine n'étant pas favorables à leur observation.

Ainsi, nous n'avons aucune connaissance des variations de l'activité solaire durant l'histoire de la Terre et les théories thermonucléaires du rayonnement stellaire sont muettes sur ce sujet. Nous devons donc tenter d'interprêter les archives paléoclimatiques et paléontologiques.

Nous savons, toutefois, que le Soleil n'a jamais éprouvé le phénomène de Nova, dont nous connaissons plus de 150 cas dans la Galaxie. L'étoile s'allume brusquement et rayonne, après quelques jours, dix mille fois plus que le Soleil. Puis, elle s'éteint lentement et reprend son aspect primitif après quelques mois. Le phénomène n'est pas fatal pour l'étoile puisque l'on connait des Novae récurrentes sujettes à des récidives. Cette émission de l'ordre de 10^{45} ergs, peut être interprétée par une baisse fortuite de la pression de radiation interne causant une réduction du rayon de l'ordre du centième, suffisante pour dissiper en radiation l'énergie gravitationnelle. Des astronomes ont prétendu que toute étoile subissait une explosion de Nova tous les cent millions d'années. Cette assertion est démentie par le fait que Vénus possède encore une abondante atmosphère et par la persistance de la vie terrestre depuis plus de 3 milliards d'années. En fait, les Novae sont plutôt des étoiles blanches à haute température de type O. D'autre part, les Naines ne sont pas assez puissantes pour devenir des étoiles pulsantes.

On sait que l'énergie solaire peut être entretenue par deux réactions thermonucléaires de fusion, connues sous le nom de « cycle du carbone » de Weizsäcker-Bethe et « cycle proton-proton » de Critchfield-Bethe. La relation masse-luminosité a montré que la seconde, ou fusion proton-proton, était prépondérante. Elle fut d'abord localisée dans un noyau central convectif (12% selon T. G. Cowling) qui paraît, en fait, superflu. On peut considérer la région centrale comme une sphère de « poudre » très lente, d'activité décroissante avec la température selon le rayon, allumée au centre et se consumant lentement selon une mince coquille sphérique de rayon croissant, en laissant une « cendre » sphérique interne d'hélium. L'âge des éléments constituant le Soleil et le système solaire est fixé à 6 milliards d'années par les activités et les concentrations des isotopes U 238 et U 235. L'âge du système solaire est de 4,5 milliards d'années. Alors que l'abondance cosmique des éléments montre 88% d'hydrogène et 11% d'hélium, le Soleil renferme, à sa surface, 73% d'hydrogène et 26% d'hélium. Il a perdu de l'hydrogène par effet thermique, lors de la formation du système solaire [1]. Si le Soleil a rayonné au taux actuel

durant ce temps, il a transformé 6% de son hydrogène initial en hélium. Il pourrait approcher d'une période d'instabilité s'il a rayonné plus fortement dans sa jeunesse. H. Bethe et G. Gamow ont prédit un lent accroissement de sa radiation qui serait 300 fois plus intense dans 12 milliards d'années. Elle serait suivie d'un effondrement rapide, transformant le Soleil en Supernova, puis en micro étoile hyperdense. Loin de périr par le froid, ainsi que le prédisaient les astronomes du siècle dernier, la vie serait détruite par l'élévation de la température dans un avenir lointain.

Il résulte de ces réactions nucléaires que la Terre devrait recevoir un flux de neutrinos atteignant 5.10^6 cm^{-2} S^{-1}. Mais le laboratoire souterrain du Brookhaven National Laboratory, qui cherche, depuis 1963, à les déceler par la réaction chlore - 37 → argon - 37, dans une gigantesque chambre de C_2 Cl_4, n'a pas obtenu de résultats positifs, si bien que les théories thermonucléaires devront être révisées.

Toutes ces considérations sont basées sur l'invariabilité des constantes fondamentales de la Nature. Cependant, d'éminents théoriciens: A. Milne, P. Jordan, P.A.M. Dirac, ont suggéré dans leurs systèmes cosmologiques, qu'elles ont varié dans le passé. Admettant la doctrine de l'« échelle courte » de l'âge de l'Univers et se basant sur des coïncidences numériques entre certaines constantes universelles sans dimension, Dirac [2] a suggéré que la « constante » G de la gravitation avait varié inversement proportionnellement au temps depuis 3 milliards d'années, âge alors attribué à l'Univers.

E. Teller [3] s'est élevé contre cette suggestion en faisant remarquer qu'une telle variation aurait conduit à un rayonnement solaire si intense dans le passé géologique qu'il aurait été incompatible avec les faits paléontologiques. D'une part, les réactions thermonucléaires auraient engendré un rayonnement décroissant selon la 7e puissance du temps et d'autre part l'orbite de la Terre se serait continuellement agrandie, à tel point qu'il y a 500 Mégaans, la température superficielle terrestre aurait encore atteint 100° C, alors qu'au Cambrien la vie marine était exubérante!

L'échelle courte de l'âge l'Univers — qui a successivement grandi de 3 à 11 milliards d'années — est basée sur l'expansion de l'espace, déduite de l'interprétation par l'effet Doppler du spectre des galaxies lointaines. En admettant que cette expansion de l'espace soit réelle dans l'infime région de l'Univers qui nous est seulement perceptible — soit un millième — c'est faire une extrapolation arbitraire et démesurée que de vouloir l'étendre à l'Univers tout entier. Nous ne savons pas si les domaines de l'au-delà, inaccessibles à l'observation, sont en contraction ou en expansion, et si ces effets locaux sont seulement de nature statistique. En outre, le déplacement vers le rouge peut être dû à d'autres causes qu'une vitesse fictive de récession. Depuis longtemps, nombre d'auteurs ont suggéré un possible « vieillissement »

du photon dans le milieu complexe intergalactique. Un tel effet a été prévu quantitativement par L. de Broglie [4] dans sa théorie de la lumière.

Il en résulte que l'expansion générale de l'Univers, sur laquelle sont basées nombre de systèmes cosmogoniques, n'est nullement fondée. La conception d'un âge fini — d'ailleurs dérisoire, — de l'Univers, est inacceptable du fait de son caractère métaphysique et n'est pas justifiée par l'observation. Déja l'histoire des sciences nous montre que la moitié, peut être, de nos théories règnantes sont probablement fausses. Mais, si nous doutons en outre, de l'invariance des constantes fondamentales: vitesse de la lumière, constante de la gravitation, charge de l'électron, nous détruisons les bases de la science actuelle justifiée par tant de réussites et donnons libre cours aux spéculations les plus arbitraires. Il est possible de postuler [5] un Univers en état stationnaire et en équilibre statistique, échappant au second principe de la thermodynamique, éternel et en mouvement perpétuel, basé sur les cycles cosmiques des éléments chimiques, des étoiles et des galaxies.

Si le Soleil n'a pas éprouvé d'explosion de Nova, on peut, de même, écarter l'hypothèse que le système solaire, durant sa révolution galactique, de période égale à 200 Méga ans (Année cosmique) se soit trouvé à proximité d'une Supernova. Celles-ci brillent comme toute une galaxie durant quelques semaines en émettant quelque 10^{51} ergs. Mais elles sont assez rares, — environ 5 par millénaires dans notre Galaxie, — pour rendre une telle situation peu probable. Notons cependant, que durant les 3 révolutions effectuées depuis le Cambrien, il se serait allumé, à ce taux, 2 500 000 supernovae galactiques.

Rien ne nous permettrait donc de douter de la stabilité du rayonnement solaire dans le passé, si nous ne connaissions de nombreux exemples d'étoiles Naines proches sujettes à de violentes éruptions. On connait une demi-douzaine de Naines rouges, de type M5, présentant des sursauts de grande intensité P. Van de Kamp a signalé que la composante B du couple Krüger 60 (Masses: 0,16 et 0,27 fois la masse du Soleil, période: 44,6 ans, distance: 13 années-lumière), apparemment stable depuis 30 ans, avait présenté en Mars 1951, une brusque variation de magnitude de 11,4 à 9,9, c'est-à-dire que son éclat avait été multiplié par 6 en deux minutes, après quoi elle avait repris son aspect initial. V. Oskanjan a observé, le 25 Septembre 1952, sur U. V. Ceti, une fulguration ayant multiplié l'éclat par 250 (magnitude visuelle passant de 12 à 6,5). Celui ci a augmenté brusquement en deux minutes puis a diminué quasi-exponentiellement durant 3 heures. On connait plus de 70 de ces Naines.

La plupart des variables éruptives du type T Tauri, UV Ceti, U Geminorum, sont des binaires et il se pourrait qu'elle fussent toutes des étoiles doubles serrées. L'instabilité interne serait alors déclenchée par effet de marée.

L'activité solaire semble pouvoir se rattacher à celle des étoiles éruptives, car le lieu du centre de gravité du système solaire décrit une boucle quasi-périodique en 22 ans, en faisant passer ce lieu depuis le centre du Soleil jusqu'à 2 rayons solaires de distance. Il se produit une conjonction Jupiter-Saturne tous les 20 ans. Cet effet gravitationnel perturberait la stabilité interne qui résulte d'un équilibre entre la force élastique, la pression de la radiation et la gravité. Dans le système Terre-Lune, le centre de gravité décrit une circonférence interne à la Terre, de rayon 0,73 R. La masse de la Lune est égale à 1/81 de celle de la Terre, tandis que la masse des planètes est égale à 1/743 de celle du Soleil. Mais, alors que la marée lunaire, dans le système Terre-Lune est invariable, elle est modulée dans le cas des binaires et du Soleil. Elle se ramène au problème des marées dans le cas d'une Lune à orbite excentrique.

On peut montrer comment l'oscillation résiduelle du Soleil, après l'éjection finale de Mercure, s'est « accrochée » sur sa période de rotation, sous l'influence des marées planétaires. Cette résonance, analogue à l'effet Holmberg, est la cause de la rotation différentielle équatoriale de Carrington.

Lors des fulgurations solaires actuelles les plus puissantes une aire égale à 10^{-4} de celle du disque solaire, portée à 30 000° K n'accroît la constante solaire que de 1%. Mais si le rayonnement thermique de la photosphère varie peu, le rayonnement ultra-violet de la chromosphère s'accroît considérablement, de même que le rayonnement Röntgen, radio électrique et corpusculaire de la couronne. Le rayonnement cosmique solaire, peut même atteindre le niveau de la mer dans les régions équatoriales magnétiquement interdites. C'est ainsi que durant les deux derniers cycles undécennaux, quatre fulgurations solaires ont été accompagnées de jets de rayons cosmiques solaires ayant rencontré la Terre. Le 23 Février 1956, l'énergie de ces protons atteignait 50 milliards d'électronvolts et l'intensité au sol est devenue 500 fois plus grande que celle du rayonnement cosmique galactique normal. Nous avons montré [6] au moyen d'enregistreurs à faible constante de temps, que le courant de protons s'établissait brusquement en quelques minutes, puis diminuait quasi-exponentiellement durant une heure.

Ces phénomènes sont accompagnés d'orages magnétiques mondiaux et d'aurores polaires visibles jusque sous les tropiques. L'intensité de la composante horizontale du champ géomagnétique peut décroître de près de 5%. Cette baisse du moment magnétique de la Terre favorise l'impact des rayonnements corpusculaires dans les régions de basse latitude magnétique.

Il est clair que si le Soleil a pu éprouver des sursauts beaucoup plus intenses dans le passé, bien qu'encore très faibles devant ceux des étoiles éruptives, il en est résulté des conséquences graves pour

les planètes proches. Or il n'est pas exclu qu'une étoile de la classe G2 déja âgée de 6 milliards d'années, ait pu donner, au moins depuis un milliard d'années, des signes d'instabilité à une cadence croissante, qui atteindrait aujourd'hui 10^5 ans, et qui, par conséquent, nous échapperait totalement. Le Soleil, descendant la série principale du diagramme de Hertzsprung-Russell par émission gazeuse, s'acheminerait lentement vers le type U Geminorum (G5) qui montre des sursauts de 3 magnitudes tous les 50 jours. Or, nous allons montrer que plusieurs phénomènes cosmiques et géophysiques, tels que la perte de l'atmosphère de Mars, les grandes extinctions biologiques terrestres, les renversements du champ géomagnétique, les extinctions simultanées constatées, semblent confirmer cette hypothèse.

Ces sursauts, grâce à leur brièveté n'ont cependant pas anéanti la vie terrestre et nous devons constater que ce « monde de globes de feu roulant vers un destin menaçant » qui nous environne, selon la forte expression de Sir Arthur Eddington, a été, en vérité, bien clément pour notre planète.

III. – Biogènèse et périodes glaciaires. — La vie est fille du Soleil et de sa lumière. J. Moleschott appelait déja poétiquement en 1856, les êtres vivants, des « êtres tissés d'air par la lumière ». Alors que c'est la lumière visible, qui aujourd'hui, entretient la vie terrestre par la fonction chlorophyllienne, la matière organique qui devait devenir la matière organisée et vivante, a été créée par des photosynthèses en lumière ultra-violette à la surface des eaux marines primitives refroidies. C'est la théorie photo chimique de l'origine de la vie, proposée en 1939 par E. Desguin et A. Dauvillier [7].

La théorie est basée sur les travaux de L. Pasteur relatifs à l'activité optique de la matière vivante; sur la production paléovolcanique préalable de composés hétérocycliques; sur la nature des atmosphères de Vénus et de Mars, comme témoins de notre atmosphère primitive; sur les travaux de Hartley, Fabry et Buisson sur l'ozone atmosphérique; sur la photosynthèse ultra-violette de composés ternaires et quaternaires effectuée par D. Berthelot et H. Gaudechon en 1910 et sur la production simultanée d'oxygène libre.

La nature de l'atmosphère primitive de la Terre étant d'importance fondamentale, nous allons examiner comment les données récentes, obtenues par la radio astronomie, les fusées et les astronefs, ont confirmé cette thèse.

Les synthèses effectuées par Berthelot et Gaudechon étaient rélisées avec la lampe à vapeur de mercure en silice et utilisaient un domaine spectral voisin de 2100 Å qui parvenait jadis, jusqu'au niveau des mers, parce que l'atmosphère primitive ne contenait pas encore d'oxygène — produit de la vie — ni par conséquent d'ozone. Cette

atmosphère ne renfermait que du gaz carbonique, de l'azote, des gaz rares et de la vapeur d'eau, transparents dans l'ultra-violet. L'atmosphère actuelle, riche en oxygène, contient de l'ozone issu de cet oxygène par action photochimique ultra-violette et n'est plus transparente à cet ultra-violet que dans la fenêtre optique comprise entre les bandes d'absorption de Schumann-Runge de O_2 et de Hartley de O_3, par conséquent seulement à très haute altitude. On pouvait objecter que l'oxygène et l'ozone présents à la surface du Soleil, ne transmettaient pas cet ultraviolet, l'ozone étant un gaz endothermique stable à haute température. C'est en 1946, que l'existence de ce rayonnement dans le spectre solaire fut établie par la prise de spectrogrammes au moyen d'une fusée V2 tirée au Nouveau Mexique. Il apparut dès 25 Km d'altitude et son intensité à 55 Km atteignait déja 3% de celle du rayonnement visible au voisinage du maximum, soit dans le jaune-vert.

Cette théorie photochimique comporte un aspect géochimique d'après lequel les atmosphères planétaires primitives des planètes terrestres sont le résultat du paléovolcanisme ayant accompagné l'évolution chimique de leur lithosphère au cours de leur refroidissement cosmique superficiel. Comme nous le montre le volcanisme actuel, cet exsudat est essentiellement formé de vapeur d'eau à haute température, de gaz carbonique, d'un peu d'azote, de gaz sulfurés et de sels ammoniacaux. La vapeur d'eau a constitué l'hydrosphère et le gaz carbonique, l'atmosphère. Il en résultait un relief primitif volcanique, qui a été intégralement conservé par la Lune, Mercure et Mars. Les beaux clichés de Mars transmis par Mariner 4 ont pleinement confirmé cette hypothèse.

Un éminent géochimiste norvégien: V. M. Goldschmidt [8] montrait déja en 1933, que le gaz carbonique fossilisé représentait une pression partielle d'au moins 10 bars (10 Atmosphères) dans l'atmosphère primitive de la Terre. R.T. Chamberlin [9] estimait en 1947 cette pression à 25 bars qui, ajoutée à celle des océans primitifs vaporisés, aurait donné une pression totale de 225 bars. Comme la masse de l'hydrosphère est de $1{,}31.10^{24}$ g. cette pression aurait, en réalité, atteint 247 + 25, soit 272 bars, excédant la pression critique de l'eau (221 bars) aux températures supérieures à 374° C. Ce sont là des proportions comparables à celles de l'exsudat volcanique actuel.

L'atmosphère de Vénus. – Or ces conditions semblent réalisées sur Vénus où la condensation des océans a été prévenue par un rayonnement solaire deux fois plus intense. Cette planète, dont la surface est toujours dissimulée par un voile nuageux impénétrable a toujours déconcerté les observateurs, les théoriciens et les géochimistes. En 1920, un éminent théoricien serbe M. Milankovitch, démontrait que « l'effet de serre » qui règne à sa surface ne pouvait porter celle-ci à

une température supérieure à 97° C. D'autres auteurs (dont nous-même) se basant sur son albedo (ou pouvoir réflecteur) très élevé, assuraient au contraire, que ses océans étaient congelés. Finalement, c'est la radio astronomie qui a prouvé que le sol était porté a une température très élevée. La meilleure mesure de la température du sol a été effectuée le 14 Décembre 1962 par Mariner 2 et a donné 700° K, soit 427° C, largement supérieure à la température critique de l'eau. D'autre part, Venusik 4 a mesuré directement le 18 Octobre 1967, une pression de 22 bars presque entièrement dûe à CO_2, pour une température de 280° C par conséquent très au dessus du sol. En réalité, les valeurs annoncées ont varié entre 25 et 7,3 bars et les données du radar-altimètre ne correspondent qu'à une seule altitude: 26 Km.

Ces premières mesures, d'une extrême difficulté, constituent en effet, des exploits techniques extraordinaires.

La surface isotherme à — 40° C de la couche nuageuse peut être considérée comme analogue à la tropopause terrestre. Dans la troposphère, le gradient thermique uniforme de 5° C/Km, règne sur 11 Km de hauteur. Le gradient mesuré sur Vénus, soit 9° C/Km, conduit, pour une différence de température de — 40° C à + 427° C, à une épaisseur atmosphérique de 467/9, soit 52Km valeur s'accordant sensiblement avec la différence, connue à 5 Km près, du rayon optique et du rayon radar, soit: 6096 — 6056 ou 40 Km (voy. fig. 1).

De même, dans les troposphères de la Terre et de Vénus la pression varie exponentiellement avec une échelle de hauteur voisine de 5 Km pour une variation de moitié. Sachant que la pression est de

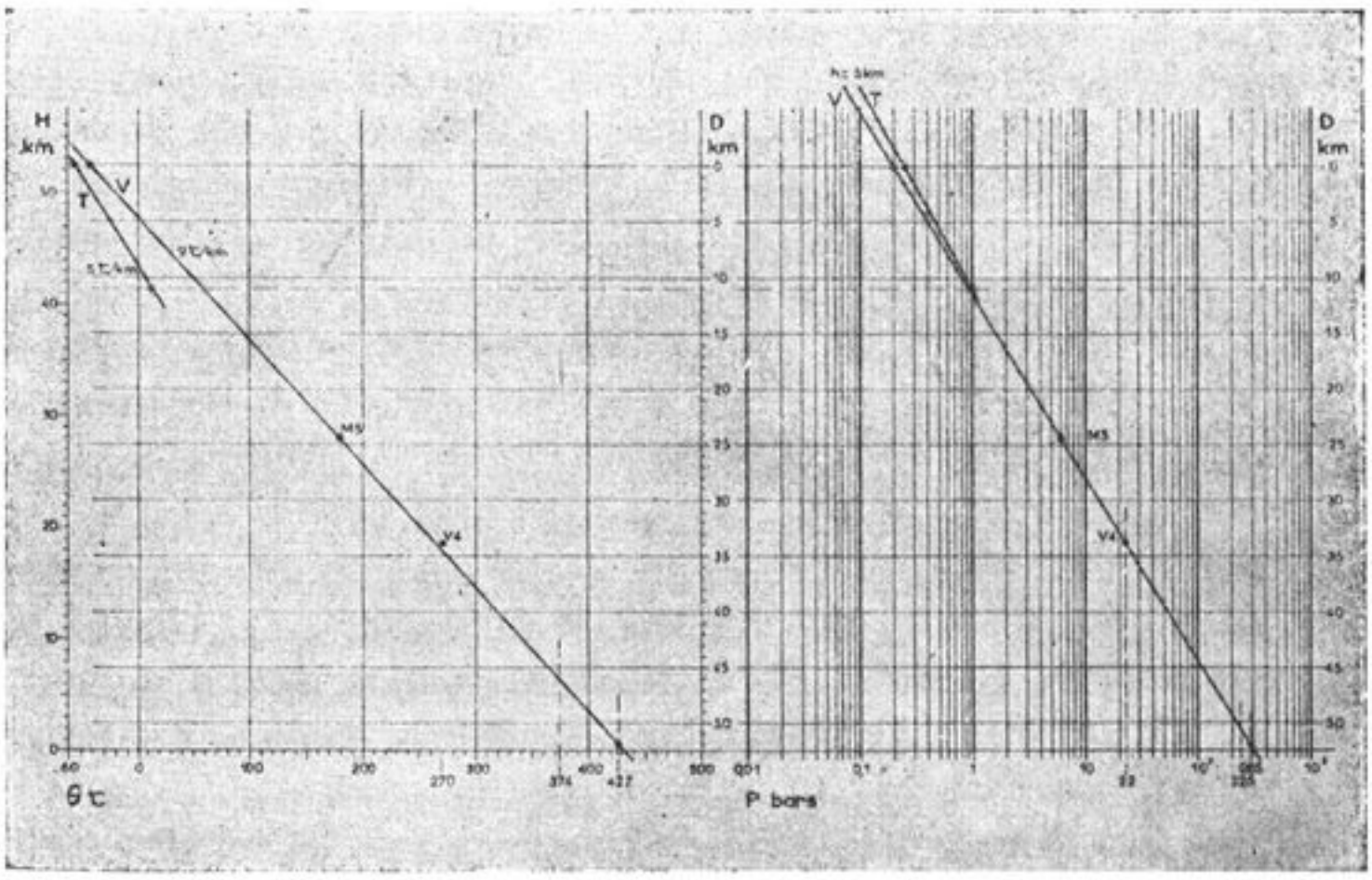


Fig. 1

Modèle proposé d'atmosphère de Vénus - Température θ, pression P, en fonction de l'altitude H. T : Terre - V : Vénus - M5 : Mariner 5, V4 : Venera 4.

0,2 bar de CO_2 au niveau des nuages, cette altitude de 52 Km donne une pression totale de 285 bars au sol, supérieure à la pression critique de l'eau et en accord avec l'estimation terrestre précédente de 272 bars. Vénus et la Terre sont, en effet, des planètes quasi identiques, dont l'évolution première a dû être la même. Les deux graphiques linéaires de température et de pression (logarithmique) en fonction de l'altitude, confirment tous deux et indépendamment que Vénusik 4 a cessé d'émettre à 18 Km d'altitude et non en arrivant au sol comme il a été annoncé. Comme confirmation, les points extrêmes: 6 bars et 180° C, obtenus indirectement par Mariner 5, se placent tous deux sur les droites des graphiques à la même altitude de 28 Km.

Les océans de Vénus semblent donc bien contenus dans sa très basse atmosphère à l'état d'eau hypercritique, ce qui s'accorde avec les observations radio-électriques. Celle-ci ne devient, en effet, conductrice que pour des pressions beaucoup plus élevées, atteignant 30 Kbars. Elle ne devient solide à 400° C, que sous des pressions voisines de 100 Kbars (glace VII de Bridgman, de densité égale à 2 g./cm³). Sachant que l'eau hypercritique dissout la silice et les halogénures alcalins, nous pouvons y prévoir des réactions en phase gazeuse telle que celle de Boussingault, bien connue des volcanologues:

$$Si\ O_2 + H_2O + 2\ Na\ Cl \rightarrow Si\ O_2.Na_2O + 2\ H\ Cl - Q,$$

ce qui rend compte de la découverte par P. Connes, J. Connes et Coll. (10) de traces de HCl et de HF dans la haute atmosphère, par la belle méthode de spectrographie interférentielle par transformée de Fourier.

Dans ces conditions, l'atmosphère de CO_2 est stable et ne peut carbonater les silicates, tous les carbonates étant alors décomposés par la vapeur d'eau. Sur la Terre primitive refroidie au contraire, dès la condensation des océans, les silicates alcalino-terreux, terreux et ferreux, ont donné naissance à quelque 200 m de sédiments carbonatés, la très faible pression de CO_2 résiduelle étant dorénavant contrôlée par la tension de dissociation des bicarbonates dissous dans l'eau de mer, comme l'a montré T. Schloesing en 1878.

Bien entendu, une telle atmosphère est totalement opaque à la lumière et la haute température du sol est seulement attribuable au flux thermique interne dû à la radioactivité de la lithosphère. Le flux issu par conduction est, pour la Terre, de 54 ergs $cm^{-2}\ s^{-1}$ et il convient d'y ajouter le flux plus intense apporté par les courants magmatiques convectifs responsables du thermalisme et du volcanisme. Une nouvelle estimation nous a conduit [17] à une production totale de chaleur interne de 22.10^{12} cal/s correspondant à un flux moyen de 183 ergs $cm^{-2}\ s^{-1}$.

Un tel flux serait déja suffisant pour porter le sol d'une Terre privée d'atmosphère et éloignée du Soleil, à la température de 42° K au lieu - non du zéro absolu - mais de 3° K, par suite du rayonnement thermique galactique. Il est suffisant pour porter la surface de Vénus

à 427° C et n'est dissipé vers l'extérieur que par convection thermique gazeuse.

Autrement dit, la surface isotherme à 427° C, qui se trouve sur la Terre à 15 Km de profondeur, remonte au niveau du sol sur Vénus, par suite d'un isolement radiatif parfait. Ces conditions sont favorables à une minéralisation intense et le sol de la planète est vraisemblablement recouvert de cristaux géants de quartz et de silicates.

L'atmosphère de Mars. — La meilleure mesure de la pression atmosphérique a été obtenue par l'étude de l'occultation radioélectrique des signaux de Mariner 4 le 14 Juillet 1965, soit 5 à 8 millibar d'un gaz de masse moléculaire voisine de 40. Comme les mesures spectrographiques ont accusé une pression de CO_2 comprise entre 5 et 15 mb, il en résulte que cette atmosphère est essentiellement constituée de CO_2.

Ce résultat pose deux importants problèmes:

1° – C. F. Von Weizsäcker [11] a montré en 1937, que l'argon 40 contenu dans notre atmosphère était issu de la désintégration du potassium 40. H. Brown [9] en 1947, en a déduit que toutes les planètes terrestres devaient renfermer dans leur atmosphère 13 g/cm² d'argon 40, ce qui correspond à une pression de 5 mb sur Mars. Or, ce gaz, qui ne saurait s'en échapper, n'y est pas présent.

2° – Mars devrait, d'après la théorie de l'origine paléovolcanique des atmosphères planétaires (planètes Naines Terrestres) posséder une atmosphère quelque mille fois plus abondante.

Lyman Spitzer [9] a montré en 1947, que ni les fulgurations solaires, ni les vents interplanétaires et solaire, ne pouvaient expulser CO_2 et l'argon 40. L'atmosphère rayonnante de Mars est froide (400° K) et, malgré sa faible masse (Terre/9) la planète devait retenir son atmosphère primitive de CO_2 et d'argon 40. Nous aboutissons donc à la conclusion que Mars, et à fortiori Mercure et la Lune, doivent occasionnellement, perdre la plus grande partie de leur atmosphère résiduelle. Si les fulgurations solaires actuelles sont insuffisantes pour expulser thermiquement CO_2 et l'argon 40 de ces planètes, celles associées aux sursauts solaires exceptionnels que nous avons suggérés ci-dessus, seront plus efficaces. De plus, si les jets intenses de protons solaires envisagés rencontrent seulement une fois sur mille la planète, le brusque échauffement du sol et de l'atmosphère provoquera son expulsion sur l'hémisphère insolé. L'atmosphère de Mars se renouvellerait ainsi périodiquement. L'argon 40 sera expulsé et le gaz carbonique observé serait juvénile et issu du sol par post-volcanisme.

L'azote et la vapeur d'eau, rares dans la haute atmosphère de Vénus et de Mars, y sont en effet combinés, selon la réaction photochimique de Thénard en produisant l'aérosol blanc jaunâtre de nitrite d'ammonium:

$$N_2 + 2\ H_2O \rightarrow NH_4.NO_2$$

qui constitue le voile nuageux de Vénus et une partie des particules diffusantes de l'atmosphère de Mars. Celles-ci existent aussi comme nous le verrons, dans la haute atmosphère terrestre. C'est une fumée analogue à celle, bien connue, de chlorure d'ammonium.

Mars n'a jamais possédé une abondante atmosphère d'eau hypercritique, interdite par sa faible masse et comme le montre son relief paléovolcanique lunaire intact. Comme sur Mercure et la Lune, la vapeur d'eau et le gaz carbonique, issus du sol à haute température, fusaient dans le vide avec une grande vitesse. La planète a seulement retenu plus longtemps sa vapeur d'eau, qui a oxydé les laves riches en silicates ferreux inondant ses « mers lunaires ». Celles-ci, demeurées sombres et verdâtres sur Mercure et sur la Lune, sont devenues claires et rougeâtres sur Mars en vertu de la réaction:

$$2\ FeO + H_2O \rightarrow Fe_2\ O_3 + H_2 + Q.$$

Les vastes déserts de Mars sont en effet, contrairement à leur nom, les véritables mers lunaires déprimées de la planète [12].

Ces considérations montrent que les atmosphères premières des planètes terrestres étaient toutes de même nature et essentiellement formées de gaz carbonique et de vapeur d'eau. Nombre d'auteurs peu familiarisés avec ces problèmes, ont cru que l'atmosphère primitive de la Terre renfermait de l'hydrogène et des hydrocarbures. S'il en avait été ainsi, l'atmosphère n'aurait pas été transparente dans l'ultra-violet et la vie ne serait pas apparue dans les eaux marines. Les planètes terrestres sont les infimes « cendres cosmiques » de la combustion du mélange solaire de Russell (Si O_2, CO_2, H_2O) et ne pouvaient pas retenir d'hydrocarbures gazeux primitifs. Au contraire, les planètes géantes, par suite de leur masse élevée, ont retenu l'hydrogène et leurs éléments biogènes y sont complètement hydrurés sous la forme de CH_4, NH_3, H_2O. Sur Mars, l'absence d'eau liquide a prévenu toute photosynthèse de composés organiques ternaires et quaternaires, qui y auraient d'ailleurs été détruits par l'ozone au sol et les radiations abiotiques.

* * *

L'activité solaire a-t-elle joué un rôle dans l'évolution des êtres vivants? Selon H.F. Osborn (1902), M. Caullery, chaque espèce serait, jadis, passée par une phase juvénile de plasticité au cours de laquelle elle aurait été plus sensible aux influences extérieures. C'est ainsi que les Reptiles se sont surtout diversifiés au cours du Secondaire, puis sont demeurés presque inchangés; que les Mammifères se sont différenciés au Tertiaire et ne se sont plus guère modifiés dans la suite. Nous savons que la radioactivité naturelle a toujours été en décrois-

sant régulièrement au cours des périodes géologiques, mais l'intensité du rayonnement cosmique a pu changer grandement au cours de la révolution galactique de 200 Mégaans en modifiant la fréquence des mutations.

Nous verrons aussi, dans la dernière partie de ce mémoire, que de grandes extinctions sont apparues, au moins tous les 50 Mégaans et qu'elles ont certainement joué un rôle dans l'évolution. Nous les attribuerons aux sursauts solaires envisagés pour rendre compte des inversions magnétiques.

Activité solaire et glaciations. — La paléoclimatologie nous montre que la Terre a été soumise, au moins trois fois au cours de son histoire géologique, à d'importantes glaciations étendues et prolongées, dont la plus récente, la glaciation pléistocène, qui n'est pas encore terminée, est si récente qu'elle ne peut être attribuée aux migrations polaires (13). De nombreuses hypothèses ont été formulées pour en rendre compte, mais la plus simple [1] est certainement de l'attribuer à une augmentation de l'albedo de la haute atmosphère dûe à une réduction prolongée de l'activité solaire. L'étude des variations de la brillance de la lumière cendrée lunaire a montré [14] une variation undécennale opposée à celle de l'activité solaire, tandis que la constante solaire varie ($\pm$ 1%) parallèlement à l'activité. On ne peut, en effet, admettre que le rayonnement solaire ait diminué de 7% à une date aussi récente que le Würm (- 18 000 à - 30 000 ans) pendant lequel le niveau des océans s'est abaissé d'une centaine de mètres. L'albedo de la terre varie annuellement de 0,31 à 0,43. S'il devenait égal à celui de Vénus: 0,73, la chaleur reçue au sol serait réduite de moitié. La température moyenne équatoriale qui est de 27° C (300° K), serait d'après la loi de Stefan-Boltzmann égale à $300/\sqrt[4]{2} = 250°$ K, soit réduite de 50° K et deviendrait égale à — 23° C, température de Mars. On estime qu'une période glaciaire exige seulement une diminution de la température de 5° C, afin que l'isotherme 0° C atteigne le niveau des mers aux latitudes moyennes. Les variations d'albedo de la haute atmosphère sont attribuables à un équilibre règnant entre la production de l'ozone et de l'aérosol de nitrite d'ammonium et leur destruction par effet thermique.

C'est ainsi que des météorologistes ont suggéré que l'actuel accroissement de la pollution atmosphérique, qui accroît la nébulosité, pouvait être responsable de la baisse de la température observée depuis une vingtaine d'années.

IV – LES INVERSIONS MAGNÉTIQUES ET LES EXTINCTIONS. — C'est en 1905 que B. Brunhes [15] a découvert qu'un banc d'argile Miocène de Pontfarein, dans le Cantal, cuit en place par une coulée

basaltique, présentait la même inversion magnétique thermorémanente que le basalte. Depuis, une foule de roches éruptives ferromagnétiques, ainsi que de nombreux sédiments, appartenant à toutes les époques géologiques, ont confirmé l'existence d'autant de minéraux aimantés dans le sens actuel du champ que dans le sens opposé. Les travaux de A. Cox, R. R. Doell, G. B. Dalrymple [16] basés sur une datation précise potassium-argon, ont établi que le champ géomagnétique s'était inversé 10 fois depuis 5 Ma, la dernière inversion ayant eu lieu il y a 700 000 ans. La fig. 2 reproduit leur chronologie.

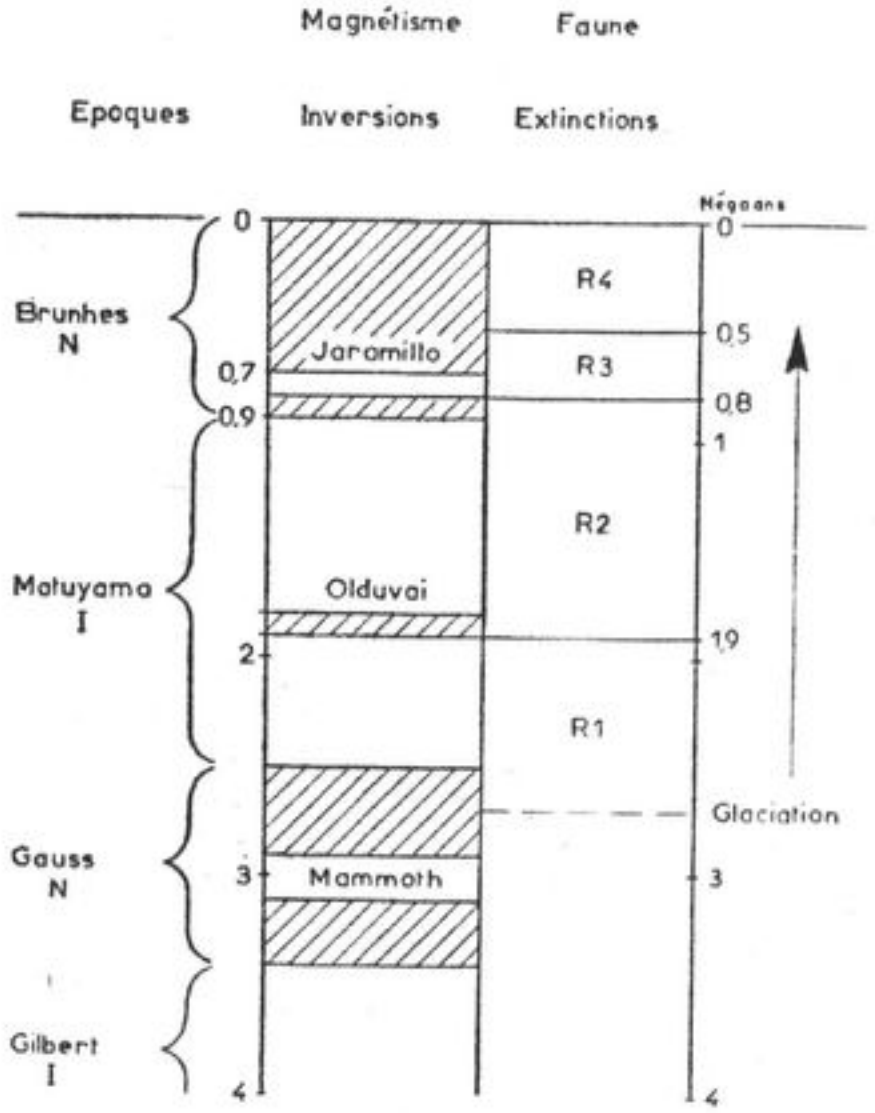


Fig. 2

Renversements magnétiques et extinctions de Radiolaires R1, R2, R3, R4, depuis 3 Méga ans, en mer de Bellingshausen.

Ce phénomène extraordinaire a ruiné toutes les théories proposées pour rendre compte du magnétisme terrestre: théories ferromagnétiques, gyromagnétiques et magnétohydrodynamiques, qui doivent être remplacées par des conceptions nouvelles. Nous avons montré [17] en 1966 comment l'étude de l'énergie géothermique infirmait les conceptions magnétohydrodynamiques et comment le géomagnétisme devait être attribué à des causes solaires, de même que tous les effets géophysiques que nous connaissons. Dans cette hypothèse, le Soleil devenant momentanément une étoile éruptive, pouvait émettre brusquement dans sa région équatoriale active, des jets déliés de protons de grande énergie dont l'un, tout au moins, avait chance de passer au voisinage de la Terre. Le champ magnétique du jet - qui en assure la stabilité par effet de pincement - induisait à la périphérie

du noyau de ferro nickel, un courant induit annulaire persistant responsable du magnétisme terrestre. Selon la position du jet éruptif par rapport à la Terre, le champ induit pouvait s'inverser et l'axe magnétique être incliné d'au moins $\pm 23^{\circ}, 5$ sur l'axe de rotation au cours de l'année et de la période de la précession de 25 800 ans. Par suite des dimensions des corps célestes, ceux-ci se comportent comme dénués de résistance interne, — ainsi qu'en supra conductibilité — et le champ peut persister durant plus de cent mille ans. Les données numériques justificatives: graphiques, tables et calculs, sont exposés dans le mémoire [17] publié dans la Revue Générale de l'Electricité et ne sauraient être reproduits ici.

Ce mécanisme rend compte de tous les aspects du paléomagnétisme et du magnétisme planétaire. Il rend compte des inversions terrestres apériodiques; du magnétisme inversé de Jupiter et de la neutralité de la Lune, de Vénus et de Mars. Il pourrait être démontré par l'étude du magnétisme éventuel d'Uranus. Dans ce cas, l'axe magnétique apparaîtrait presque perpendiculaire à l'axe de rotation. D'après la théorie, les propriétés magnétiques sont indépendantes de la rotation des planètes, le phénomène demeurant bref devrant la période de rotation.

Cette hypothèse jette pour la première fois, quelque lumière sur l'histoire du géomagnétisme. Ainsi, les planètes ont-elles pu demeurer longtemps magnétiquement neutres après leur naissance. Les météorites étant issues des débris de la planète postulée par Olbers et exigée par la loi de Bode entre Mars et Jupiter, leur magnétisme thermorémanent nous renseigne sur le magnétisme de cette planète brisée. F. D. Stacey, J. F. Lovering, I. G. Parry (18), étudiant le magnétisme thermorémanent de 4 chondrites, ont montré qu'elles s'étaient aimantées au sein d'une planète terrestre dont le champ était de l'ordre de 0,1 gauss. Nous savons aussi que Vesta, dont la masse atteint $2{,}4.10^{23}$ g, a une densité de 8 g/cm^3 et représente par conséquent, un important fragment du noyau de ferronickel de cette planète d'Olbers.

Nous avons montré [19] par la chronologie des météorites que cette rupture tardive avait eu lieu il y a $1{,}5.10^9$ ans. Par conséquent, des éruptions solaires magnétisantes avaient déja lieu à cette époque.

Ainsi, l'histoire du magnétisme terrestre est-elle favorable à l'hypothèse que le Soleil peut, occasionnellement, devenir une étoile éruptive. Il n'est pas sûr que le phénomène des inversions s'accompagne d'un accroissement de l'intensité des rayons cosmiques solaires (si le faisceau rencontre la Terre) et de la constante solaire, durant quelques heures, tels que la vie terrestre soit anéantie sur l'hémispèhre insolé. S'il était possible d'associer, par des datations précises, l'époque des extinctions biologiques et des inversions magnétiques, il pourrait en résulter une confirmation indépendante de la réalité de ces éruptions. Ceci nous amène à exposer brièvement le problème des extinctions.

Les extinctions biologiques. – C'était une idée chère à Cuvier que celle des « révolutions du Globe », cataclysmes qui anéantissaient la vie terrestre en préparant chaque fois, une nouvelle création. L'unité et la continuité de la vie, démontrées par la génétique, n'ont pas confirmé cette conception. De grandes extinctions ont pourtant eu lieu, mais la vie a persisté dans son évolution. Buffon en reconnaissait déjà 7. L'extinction des Dinosaures à la fin du Crétacé (63 Ma) a été attribuée à l'apparition des Mammifères, à la pullulation de petits Rongeurs dévorant les oeufs des grands Reptiles. Les Neandertaliens ont exterminé et dévoré les Pithécanthropiens, comme les hommes primitifs mieux armés, ont détruit les Neandertaliens et les hommes modernes, les races primitives. On peut même être surpris qu'au cours des âges, les êtres vivants ne se soient pas tous dévorés!. D'autres extinctions sont attribuables aux migrations polaires. C'est ainsi que les habitants africains des tropiques du Trias n'ont pu émigrer vers l'ouest lorsque le pôle Nord, voisin des Antilles, se déplaçait dans cette direction [13]. Mais l'extinction de nombreuses espèces a pu avoir lieu sous l'effet de sursauts solaires lorsque l'espèce n'occupait qu'un hémisphère. Les Labyrinthodontes se sont éteints il y a 200 Ma. Le Crétacé (90 Ma) a vu la disparition des Plésiosaures, reptiles marins, des Ptérodactyles, Diplodocus, Oiseaux dentés, Ichtyosaures, Iguanodons, Ammonites. A la fin de L'Eocène (40 Ma), il n'y a plus de Lemuriformes dans l'hémisphère Nord. Au Miocène (11 Ma), le Cheval, le Chameau, l'Eléphant, disparaissent en Amérique du Nord. Nous voyons, par contre, des Poissons vivant en eaux profondes, comme le Coelacanthe, et nombre de « fossiles vivants » subsister jusqu'à nos jours.

De telles extinctions auraient-elles lieu par accroissement de la constante solaire ou sous l'effet du rayonnement cosmique lorsque le faisceau solaire rencontre la Terre? Dans le premier cas, la loi de Stefan-Boltzmann montre que, si la constante solaire doublait, la température équatoriale augmenterait de 60° C et deviendrait égale à 87° C, en entraînant la mort des Végétaux et des Animaux, à part peut être, des Bactéries et les Cyanophycées. D'autre part, le rayonnement cosmique galactique actuel correspond à une dose 2000 fois plus faible que la dose dite « de tolérance ». La haute atmosphère recoit en moyenne, 0,6 proton de 6.10^9 eV par centimètre carré et par seconde. Or le jet magnétisant que nous avons considéré (10^{11} ampères) représenterait l'impact de 3.10^{10} protons de 10^9 eV par centimètre carré et par seconde. Il serait 10^6 fois plus puissant que celui reçu par la Terre le 23 Février 1956. La dose lèthale, pour l'homme, correspond à une absorption de 600 rads, soit 6.10^4 ergs par gramme de tissus. Si l'on attribue au faisceau solaire une densité de 1 proton par centimètre cube, il représente un flux de: $3.10^{10} \times 10^9 \times 1{,}6.10^{-12} = 4{,}8.10^7$ erg $cm^{-2}s^{-1}$. S'il était absorbable par 10 m d'eau, (mésons) tous les êtres

vivants seraient stérilisés et tués au bout d'une seconde d'irradiation. Or celle-ci durerait une heure.

La réalité de ces effets semble établie par des carottes forées en mer de Bellingshausen, dans l'Antarctique, par le Lamont Geological Observatory en 1966. Ces carottes, qui atteignaient jusqu'à 25 m de longueur, ont prélevé des sédiments datant de plus de 3 Mégaans. Elles montrent des apports détritiques d'icebergs, datant le début de la dernière glaciation à 2,7 Ma et trois extinctions successives de Radiolaires: R1, R2, R3, R4 (voy. fig. 2), à 1,9, 0,8 et 0,5 Ma, les deux premières coïncidant avec deux inversions paléomagnétiques. La plus récente 0,5 Ma a certainement été accompagnée d'une réaimantation de sens normal, car l'intensité actuelle du champ, soit 0,6 gauss, est trop grande pour dater de 0,7 Ma, par suite de la décroissance exponentielle relativement rapide du champ. Le champ actuel, qui date de 0,7 Ma, a donc été renforcé à cette époque.

Ainsi 3 inversions se sont succédées, il y a 0,9, 0,8 et 0,7 Ma, séparées seulement par 10^5 ans, ce qui donne leur fréquence probable actuelle. La dernière ayant eu lieu il y a 0,5 Ma, la prochaine inversion peut apparaître à tout instant en anéantissant, peut-être, la vie sur l'hémisphère insolé. Mais une telle période est de l'ordre de l'âge de l'humanité et trop longue pour nous inquiéter. Les menaces cosmiques solaires ou cométaires, ne sont pas à notre échelle temporelle.

La vie nait, évolue et disparaît sur une planète au cours d'une période de plusieurs milliards d'années, limitée en durée par les accidents cosmiques ou par l'effet de sa propre évolution. C'est, bien plus probablement, lorsqu'une espèce intelligente découvre la radioactivité. . . . .

Bagnères, Observatoire du Pic du Midi.

A. DAUVILLIER

BIBLIOGRAPHIE

[1] DAUVILLIER A. -*Physique solaire et Géophysique*, 1 vol 361 p. Masson, Paris (1962).

[2] DIRAC P.A.M. - Nature, t. 139, p. 323 (1937).

[3] TELLER E. - Phys. Rev., t. 73, p. 801 (1948).

[4] DE BROGLIE L. - Cahiers de physique n. 147, p. 425 (1962); MUMM T. C. C. R. t. 262 B, p. 319 (1966), BRILLOUIN L. C. R., t. 265 B, p. 669 (1927), PROISY P. - C. R. t. 265 B, p. 1145 (1967).

[5] DAUVILLIER A. - *Les hypothèses cosmogoniques. Théories des cycles cosmiques et des planètes jumelles.* 1 vol. 258 p. Masson, Paris (1963); Scientia, t. 57, p. 1-6 (Juin-Juillet 1963).

[6] DAUVILLIER A. - C. R., t. 229, p. 1096 (1949); t. 242, p. 1399 (1956).

[7] DESGUIN E. et DAUVILLIER A. - C. R. t. 208, p. 294 (1939). *La genèse de la vie, phase de l'évolution géochimique*, 1 vol. 127 p. Hermann, Paris (1942), DAUVILLIER A. - *La origine fotochimica della vita*, 1 vol. 311 p. trad. LiberaVenturini, Feltrinelli, Milano (1962). *The Photochemical Origin of Life*, 1 vol. 193 p. Acad. Pr., New York (1965).

[8] GOLDSCHMIDT V. M. - Fort. der Mineral., t. 17, p. 112-156 (1933).

[9] CHAMBERLIN R. T. - Symposium Yerkes Obs. 1947. Ed. G.P. Kuiper 1 vol. 366 p. Chicago Univ. Pr. (1948).

[10] BENEDICT W., CONNES J., CONNES P. et KAPLAN L. - Astr. J. t. 147, p. 1230 (1967).

[11] VON WEIZSACKER C. F. - Phys. Zeits, t. 38, p. 623 (1937).

[12] DAUVILLIER A. - *Ciel et Terre*, t. 83, p. 384 (1967).

[13] DAUVILLIER A. - *Scientia*, t. 59, p. 109-114 (Mai-Juin 1965).

[14] DUBOIS J. - Astronomie, t. 49, p. 242 (1955).

[15] BRUNHES B. - C. R., t. 141, p. 567 (1905).

[16] COX A., DOELL R. R., DALRYMPLE G. B. - The Quaternary of the United States, p. 817-830 (1965).

[17] DAUVILLIER A. - C.R., t. 263 B, p. 779 (1966); Rev. Gén. Electricité, t. 76, p. 399-409 (1967); Trad. anglaise E. R. Hope, DRB Canada n. T 4 F (1968).

[18] STACEY F. D., LOVERING J. F., PARRY L. G. - J. Geophys. Res., t. 66, p. 1523 (1961).

[19] DAUVILLIER A. - Bull. Soc Roy. Sciences Liège: t. 35, p. 566 (1966). Trad. anglaise: E. R. Hope, DRB Canada n. T 5 F (1967).

QUANTUM PHYSICS AND THE MACROCOSMOS

Despite the well known potency of quantum theory as a means of ordering microphysical data unfathomable by classical methods, even among quantum theorists there is a visible reluctance to disavow the Procrustean constructs of classical physics. Instead a dual epistemology is invoked which dogmatizes classical concepts as being inviolably appropriate for the reification of macroscopic experiences, but which merely tolerates quantum concepts in their appointed microcosmic place. Yet both the history of science and the untested macrophysical predictions of quantum mathematics suggest that this awkward retention of classical « common sense » cannot be rationally maintained indefinitely in scholarly disciplines, and perhaps not even in the arena of daily life.

1. - MICROPHYSICS AND MACROPHYSICS. — It is not unusual for even the most revolutionary scholar to display a certain conservatism about probing the ultimate philosophical consequences of his incipient intellectual radicalism. For the revolutionist himself, by definition, must have been educated within the very ethos from which he rebels; and as a result he may feel compelled to defend some established doctrines even as he lays the very foundation which is destined to overthrow those doctrines.

Consider Copernicus, precursor to Kepler, Galileo, and Newton, whose works culminated in the decline and fall of Aristolelian science and its attendant philosophies. Aristotelian physics featured a subdivision of phenomena into the categories of terrestial and celestial. For terrestial bodies, linearity of motion was considered natural; but for celestial bodies, circularity of motion was the dogmatic requirement. Thus in his *De Revolutionibus* [1] Copernicus, following Aristotle, asserts that

> . . . the motion of heavenly bodies is circular. Rotation is natural to a sphere and by that very act is its shape expressed.

He next proceeds to review the complexities of planetary movements, the departures from uniformity which would seem to argue against the necessity of circular perfection in the heavens. But then, having exposed the very data which inspired his bold advocacy of heliocentric astronomy, which would later motivate total abandonment of the circularity dogma by others, Copernicus made a remarkably conservative statement:

> Nevertheless, despite these irregularities, we must conclude that the motions of these bodies are ever circular or compounded of circles.

In the present century, the dismal failure of classical physics to account for atomic phenomena has resulted in what might be called the Copernican stage of a developing quantum revolution. At the microscopic level the classical approach to physical problems has essentially been renounced. Moreover, it is generally acknowledged that quantum physics is in principle applicable to all physical phenomena, large and small. Nevertheless, the prevailing intuition, or « common sense, » with, which even many modern physicists approach macroscopic phenomena is deeply embedded in the empirically discredited fabric of classical physics. It is as though there were two kinds of physics, macrophysics and microphysics, the former allegedly grounded in everyday experience, the latter necessary at the atomic level but otherwise ignorable. Indeed the term microphysics is occasionally used as a synonym for quantum theory.

This situation is somewhat reminiscent of the medieval celestial-terrestrial dichotomy. In fact, some of the pronouncements of pioneer quantum theorists exhibit a striking resemblance to the perorations of Copernicus in defense of circularity. For example, Bohr [2] seems to insist upon the necessity of the classical outlook for macroscopic experiences:

> ... however far the phenomena transcend the scope of classical physical explanation, the account of all evidence must be expressed in classical terms.

Similarly, Heisenberg [3], in explaining the so-called Copenhagen interpretation of quantum theory, ascribes to classical physics a rather sacrosanct position in scientific methodology:

> Any experiment in physics, whether it refers to the phenomena of daily life or to atomic events, is to be described in the terms of classical physics ... the application of these [classical] concepts is limited by the relations of uncertainty. We must keep in mind this limited range of applicability of the classical concepts while using them, but we cannot and should not try to improve them.

It is my contention that the Copenhagen interpretation of quantum physics, a key point of which is indicated by the preceding quotations, is not the last word, but that it bears the same relationship to the current quantum revolution that the 16th century work of Copernicus bore to the great 17th century scientific revolution. The Copenhagen bifurcation of physical intuition into microscopic and macroscopic components is like the old celestial-terrestrial dichotomy. It attempts to conventionalize a paradoxical melange of mutually incompatible concepts in order to conserve, in part, the no longer adequate Newtonian *Weltansicht*. Thus history would seem to suggest that the orthodox insistence upon the use of classical constructs at the macroscopic level is merely a temporary birthmark of an emerging era of « quantum thinking, » in which quantum ideas might eventually come to be regarded as providing normal, « common sense » descriptions of all physical phenomena, large and small.

2. - THE PREPARATION–MEASUREMENT FORMAT. — The classical theories of physics are often interpreted as descriptions of a physical reality external to human observers, as pictorializations of the *ding an sich* responsible for, but beyond the grasp of, experience. There is, however, a more moderate, more candid appraisal of the scope of scientific method, an account which regards physics as an attempt to regularize certain facets of human experience without either affirming or denying the existence of a universe external to that experience. This experience-oriented viewpoint [4] epitomizes the philosophical underpinning of quantum theories.

Classical and quantum physics alike focus attention upon constructs called physical systems, which serve as the fundamental constituents of the theoretical models in terms of which experience is catalogued. Systems of varying degrees of abstraction have been hypothesized and hypostatized in physical theories. Some systems, like tables and chairs, are just conceptual representations of *Gestalten*; others, like electrons and electromagnetic fields, are very far indeed from direct experience. All physical systems, however, are to be regarded as carriers, in some sense, of observables.

A philosophical analysis which elegantly pinpoints the essential difference between the fundamental models employed in classical and quantum physics has been given by Margenau [5] in his latency theory of observables. This theory classifies the conceptual relations which link systems with their observables under two headings, possession and latency. Possessed observables are the hallmark of classical physics, where observables were regarded as labels attached to a system, i.e., as properties of the system. Within such a framework, it did not seem unreasonable to interpret the systems with their observables as visualizable models of an ontological reality behind experience.

The characteristic quantal relation of latency is subtler than that of possession. The organized data of physics consists of numbers which emerge from experiments in which the acts called measurement are performed upon physical systems. Each observable associated with a system is equipped in principle with operational definitions which give methods for the measurement of that observable. When a measurement of a given observable is performed, the numerical measurement result which emerges is recorded as the value of that observable at the instant defined by the onset of the measurement act. The difference between latency and possession lies in the theoretical interpretation of such numerical data. If possession is the assumed relation between system and observable, the measurement result is taken to be a revelation of which value of the observable the system possessed just prior to the measurement act.

If latency is the assumed relation between system and observable, the measurement result is not given this transcendent interpretation;

the system is not regarded as an object bearing definite numerical values for all its observables either before or after measurement. Instead, a report of experimental results is confined to a minimal statement of how the systems were prepared for study, which observables were measured, and what numbers these measurements yielded. Similarly, a theoretical prediction of experimental results can have only the dispositional form, « if system S is prepared in the manner Π and measurements of observable A are performed upon S, then the numerical result a will emerge with probability $W(a; \Pi)$. »

I shall call this minimal account of natural phenomena the *preparation-measurement format* for physical problems to distinguish it from the classical ideal of describing with Cartesian clarity the continuous evolution of an external world. Epistemologically, the latency viewpoint is entirely adequate for the scientific confrontation of experiential data and abstract concepts; but it stops short of identifying the numerical data of science with prepossessed properties of systems. Instead, numerical values of latent observables are considered to emerge from systems only when educed by an act of measurement.

In further elaboratoin of the important concepts of preparation and measurement, it must be especially stressed that the two are not equivalent. The term preparation signifies a reproducible physical act involving the system of interest, whereas the term measurement refers to a physical procedure upon the prepared sustem which yields a numerical datum. To gather the statistical information from which the probabilities of quantum physics may be extracted, it is necessary to reprepare in an identical manner the system of interest (or another of the same kind) many times, and to perform a measurement subsequent to each repreparation. The probability $W(a; \Pi)$ associated with the measurement result a of an observable A for a system prepared in the manner Π is operationally defined as the relative frequency with which a emerges from such *ensembles* of identically prepared systems.

Unlike the classical approach to physical phenomena, the preparation-measurement format embodies a certain finality in the measurement act. The impact of measurement on a physical system can range from negligible (macro-systems) to catastrophic (microsystems); sometimes systems are even annihilated. Accordingly, quantum physics cannot include any universal proposition concerning the post-measurement condition of physical systems.

This stricture does not, however, prohibit treatment of, say, two successive measurements within the preparation-measurement format. What would have to be done is to analyze the precise interaction with the apparatus used for the first measurement and then regard that interaction plus the original preparation as the total preparation for the second measurement. Using that information, quantum theory can be used to assign probabilities to the results of the first and second

measurements; but without additional information, quantum theory is silent about the behavior of the system after the second measurement.

3. - QUANTUM STATES. — Because classical physics sought to construct essentially visualizable models of physical systems, each classical theory featured a *state* concept, a mathematical representative of the physical condition of a system. Within the classical framework, a state was characterized simply by an enumeration of the values of the system's possessed properties. An act of measurement upon a system therefore determined part or all of the state specification for that system at the instant of measurement.

In quantum physics, because of the broader preparation- measurement format for physical problems, the state concept is not so straightforwardly devised; indeed, there is not even any assurance that a state specification in the fullest classical sense can be consistently extracted from or appended to the quantum algorithm. In the preparation-measurement format, the organized data on which theory must feed is inherently statistical; the ensemble of reproducibly prepared systems is initially considered to be of more theoretical importance than the individual systems themselves. Whether or not attention can be refocused via an individual state concept upon the single systems is a question strongly dependent upon the axiomatic structure of the theory of interest.

We have investigated this largely mathematical question elsewhere [6] and drawn the following conclusions. Even if classical physics is initially set up within the preparation-measurement format, it is still possible, through analysis of the probability functions $W(a; \Pi)$, to extract unambiguously the standard classical state representations interpretable as possessed properties. On the other hand, the application of a similar analysis to quantal probability functions produces ambiguities which ultimately deny any shift of emphasis from the ensemble to the single system. Quantum theory can come no closer to individual states than the set of probability distributions $W(a; \Pi)$ which characterize the ensemble to which a system belongs.

To illustrate this seemingly strange conclusion without delving into mathematical abstractions, perhaps the following highly metaphorical example will be helpful. Consider a hypothetical physical system with which only two observables are associated, shape and color. Assume, moreover, that measurement of the shape can yield only one of the results « triangular » (T) or « round » (R), and that measurement of the color can yield only « blue » (b) or « green » (g). Imagine that the system can be prepared for measurement in many reproducible ways and, just to underscore the finality of the measurement act, imagine further that after measurement of either shape or color the system self-destructs.

If the system is governed by classical physics, it is anticipated that the following statement is a consistent one: each one of these systems, however prepared, is in actuality in one of the states *Tb*, *Tg*, *Rb*, or *Rg*; measurement merely reveals which one, or at least narrows the possibilities (in the event just one of the observables is measured). The justification for this classical assertion would consist of (1) demonstrating the existence of reproducible preparation schemes for each of these states (e.g., the existence of a procedure Π which upon repetition produces an ensemble for which $W(T; \Pi) = W(g; \Pi) = 1$ and (2) proving that for preparation schemes yielding ensembles characterized by nonzero probabilities less than unity, the assertion in question does not lead to logical inconsistencies. For classical physics, both (1) and (2) can be satisfied.

On the other hand, if the system under consideration is governed by quantum physics, in general neither conditions (1) nor (2) can be ment. For the purposes of this metaphor, suppose (perhaps contrary to fact) that the observables shape and color constitute what quantum theorists call noncommuting observables. The following situation would then prevail. No repeatable physical procedure would exist which could be used to generate an ensemble of the type contemplated in (1), wherein each observable would upon measurement always yield the same one of its two possible results. Instead, it might turn out that when any ensemble was prepared so that color measurements invariably yielded *g*, shape measurements yielded *T* and *R* with equal frequency. Similarly, when any ensemble was prepared such that *T* was the certain result of shape measurement, color measurement would yield *g* and *b* with equal frequency, etc. Thus it would be without physical meaning to regard the systems as « actually » possessing color or shape as attributes. This illustrates the general characteristic of quantum systems that lies at the heart of Heisenberg's uncertainty principle; and it is this nonexistence of ensembles dispersionless in all their observables which is the theoretical origin of the latency viewpoint.

The ensembles described in the last paragraph, though not without statistical scatter in their measurement results, were in a very important sense homogeneous; for they were generated by modes of preparation which could be refined no further. The residual probabilities they still exhibited were not further reducible. In particular, therefore, these ensembles could not even in principle be subdivided into subensembles whose measurement statistics would differ in any way from those of the original ensemble. In quantum physics such ensembles are said to be *pure*.

Because of its homogeneity, the pure ensemble would seem to be a reasonable concept on which to base a quantum state concept, and the jargon of quantum physics often misleadingly suggests that this is possible. Thus, if the « condition » of the ensemble above for which

measurements would yield g with certainty, T and R each with probability $\frac{1}{2}$, is symbolized by $(g;\ \frac{1}{2}\,T,\ \frac{1}{2}\,R)$, then it is tempting to describe this pure ensemble as consisting of systems *each* of which is in the « state » $(g;\ \frac{1}{2}\,T,\ \frac{1}{2}\,R)$. Now in the formalism of quantum me- chanics, each pure ensemble is characterized by a so-called wave function $\psi(x)$ from which it is possible, in accordance with well known rules[1], to derive the probability distributions $W(a;\ \Pi(\psi))$ associated with that ensemble for all observables. Thus it would appear that quantum physics might effectively regain to some extent the concept of state by this assertion: every system, however prepared, is in actuality in a quantum state represented by some wave function $\psi(x)$. (In the example just above $(g;\ \frac{1}{2}\,T,\ \frac{1}{2}\,R)$ represents the wave function.)

It turns out, however, that this identification of a state concept in quantum theory, if taken literally, is abortive. To see why, consider again the fictitious quantum system whose observables are color and shape. Suppose a mode of preparation Π has been devised which leads to an ensemble in which measurement results occur with the following relative frequencies (probabilities):

$$W(b;\Pi) = W(g;\Pi) = W(T;\Pi) = W(R;\Pi) = \tfrac{1}{2}.$$

Such an ensemble is not pure; it can be split into two pure subensembles as follows. Consider a total ensemble formed by the union in equal parts of the pure ensembles characterized by $(g;\ \frac{1}{2}\,T,\ \frac{1}{2}\,R)$ and $(b;\ \frac{1}{2}\,T,\ \frac{1}{2}\,R)$. It is easily seen that the probabilities of measurement results for this total ensemble would be identical to those given above. Accordingly, the ensemble above is said to be a *mixture* of $(g;\ \frac{1}{2}\,T,\ \frac{1}{2}\,R)$ and $(b;\ \frac{1}{2}\,T,\ \frac{1}{2}\,R)$, each with weight $\frac{1}{2}$. Applying the proposed (quantum) state concept, one could go further and declare this mixed ensemble to consist in actuality of systems of which half are *each* in the state $(g;\ \frac{1}{2}\,T,\ \frac{1}{2}\,R)$, and half are *each* in the state $(b;\ \frac{1}{2}\,T,\ \frac{1}{2}\,R)$.

It is not difficult to see that this interpretation leads to a contradiction, for the very same total ensemble may also be treated as a mixture of the pure ensembles $(T;\ \frac{1}{2}\,g,\ \frac{1}{2}\,b)$ and $(R;\ \frac{1}{2}\,g,\ \frac{1}{2}\,b)$, each with weight $\frac{1}{2}$. If, therefore, the individual state assignment scheme is valid, it must now be affirmed that the original mixed ensemble is comprised in actuality of systems of which half are *each* in the state $(R;\ \frac{1}{2}\,g,\ \frac{1}{2}\,b)$ and half are *each* in the state $(T;\ \frac{1}{2}\,g,\ \frac{1}{2}\,b)$, a conclusion incompatible with that reached at the end of the last paragraph. This

[1] For the benefit of readers unfamiliar with the rudiments of wave mechanics, only the following properties of a wave function will be required later in this article:

(a) $|\psi(x_0)|^2$ is the probability density $w(x_0)$ for finding a system from the pure ensemble denoted by $\psi(x)$ at the point $x = x_0$.

(b) If $\Phi_k(x)$, $k = 1,2\ldots$ represents a pure ensemble for which some observable A invariably yields the result a_k upon measurement, then the set of functions $\Phi_k(x)$ will be orthonormal. Every superposition of these functions, $\psi(x) = \Sigma_k c_k \Phi_k$ will itself represent a *pure* ensemble, and the probability in this ensemble for the emergence of a_k upon measurement of A is $|c_k|^2$.

inconsistency, born of an attempt to endow quantum theory with a state concept analogous to that in classical physics, is the essence of the famous Einstein-Podolsky-Rosen paradox.

The inconsistency disappears upon abandonment of the illegitimate literal interpretation of wave functions as states of single systems. To summarize, quantum physics is a thoroughly stochastic discipline; the quantal approach to physical problems is the preparation-measurement format in its most elemental form, in which there is no concept of intrinsic condition, or state, of a physical system.

4. - The Quantum Macrocosmos. — Against the background afforded by the foregoing synopsis of quantal foundations, perhaps the problem of cataloguing macroscopic experiences within quantum categories can be examined from a fresh perspective. Consider first an ordinary ponderable body, the motion of which is to be observed, and then presumably described and understood by means of the concepts of a mechanical theory. The classicist would, in accordance with « common sense, » attribute to the body such *properties* as position (of the center of mass), momentum, etc., and proceed to describe that complex of experiences known as the motion of the body in terms of the temporal evolution of the values of these parameters. The quantum theorist, on the other hand, in his attempt to accommodate the same sense data within the rubrics of his discipline is prohibited by the aforementioned uncertainty principle of Heisenberg from following in the path of the analytical mechanist; for even the most homogeneous of all quantum mechanically conceivable ensembles display irreducible statistical variances in the measurement results of position, momentum, etc. This circumstance necessitates the formulation of some reasonable approximation within the quantum framework to account for the apparent « properties » with which naive realism so generously endows the macroscopic body.

Though the general problem of applying quantum mechanics to everday phenomena has never received the depth of attention that it may deserve, there is general agreement among physicists as to the manner in which the classical limit of quantum mechanics is approached. The key to the approximation lies in the recognition that, from the quantum viewpoint, any classical measurement upon a classical body is in practice far from a realization of the ideal perfect measurement act which appears as a primitive construct in quantum physics. Thus the margin of instrumental error in a typical classical measurement procedure may be as broad as the entire width of a detailed distribution of measurement results predicted by the quantum theory. Thus it is reasonable to identify the numerical value of classical properties with the mean values of distributions of quantum measurement results.

When this identification is made, as the Ehrenfest theorems long ago indicated, quantum mechanics acquires a classical limit seemingly capable of accounting for the data of the classical epoch in mechanics. Similarly, it is customary in quantum electrodynamics to exhibit, where appropriate, mean value relations of the same mathematical structure as the equations of classical Maxwellian electrodynamics.

It is important to note that the numerical identification for macroscopic systems of quantal mean values with classical possessed properties embodies (a) the tacit admission, which will occasion little surprise, that all classical measurements were intrinsically crude; and (b) the implicit detailed prediction of physical distributions for which classical observations discerned only the statistical mean values. One purpose of the present paper is to assay the propriety of various philosophical attitudes that have been maintained with regard to (b). Historically, the predicted distributions in question have largely been ignored due to the severe impracticability of detecting such quantum effects in macroscopic experience. Moreover, with but one exception very little theoretical effort has been expended in macroscopic applications of quantum physics; that exception is generally termed the quantum theory of measurement, a field which investigates and attempts to substantiate the inner consistency of the quantum algorithm together with the epistemic rules which link it to nature. Measurement theory, the central problem of which is to offer quantal descriptions of physical measurement processes, is forced by its very purpose to apply quantum ideas at the macrocosmic level; for every physical measurement act upon a microsystem involves a coupling with some kind of directly apprehensible macrosystem.

The quantal peculiarities inherent in the problem of interaction between a microsystem and a macrosystem were first popularized by Schrödinger [7] in his now famous « cat paradox, » and in later years the essential theme of that « paradox » has recurred many times in commentaries on quantum measurements; included among these is another metaphorical version, due to Rosen [8], in which a locomotive replaces the cat in the role of macrosystem.

To illustrate the fundamental problem of macroscopic quantum mechanics without becoming too immersed in abstract mathematics, it is sufficient to consider the following simple interaction between an atomic harmonic oscillator and an ordinary macroscopic body. Suppose that initially the oscillator is prepared in its first excited energy « state » and that the macroscopic body is at rest. Eventually the oscillator will decay to its ground « state ». Assume that when this occurs the emitted photon will trigger a mechanism which imparts to the macroscopic body a « classical momentum » of value b; i.e., the quantum wave packet characterizing that state of motion must predict the number b as the mean value of ideal momentum measurement results.

The (normalized) wave functions needed to describe this process are the following:

(a) Harmonic oscillator of mass m, frequency ω:

$$\alpha_1(x) = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(\frac{m\omega}{\pi\hbar}\right)^{1/4} 2x\sqrt{\frac{m\omega}{\hbar}}\exp\left[-\frac{m\omega x^2}{2\hbar}\right]$$ (first excited energy «state»)

$$\alpha_2(x) = \left(\frac{m\omega}{\pi\hbar}\right)^{1/4}\exp\left[-\frac{m\omega x^2}{2\hbar}\right]$$ (ground energy «state»)

(b) Macroscopic body:

$$\gamma_1(y) = (2\pi b^2)^{-1/4}\exp\left[-\frac{y^2}{4b^2}\right]$$

(a minimum uncertainty wave packet for which « y » = 0, the width of the position distribution $\Delta y = b$ and the mean value of momentum measurements « p » = 0,

$$\gamma_2(y) = (2\pi g^2)^{-1/4}\exp\left[-\frac{y^2}{4g^2} + \frac{iby}{\hbar}\right]$$

(a minimum uncertainty wave packet for which « y » = 0, $\Delta y = g$, « p » = b).

Obviously x is the independent position variable for the atomic system, and y is that for the large system. To eliminate as much as possible the dispersive effects of the uncertainty principle, minimum uncertainty wave packets (mathematical representations of ensembles whose uncertainty products $\Delta y \Delta p$ are minimal) have been used to describe the macrosystem.

Using these wave functions to describe the interaction contemplated above, we have initially a pure ensemble whose measurement statistics would be characterized by the wave function

$$\psi_0(x,y) = \alpha_1(x)\gamma_1(y).$$

If, after an interval of time equal to the half-life of the oscillator, an energy measurement were performed on each oscillator and a rough (classical) momentum measurement performed on the corresponding macrosystem, half the elements in the ensemble would yield the ground energy for the atomic oscillator, the classical momentum b for the macrobody; the other half would yield the first excited energy level for the oscillator, the classical momentum zero for the large system. Classical intuition would therefore dictate, upon translating «yields

of measurement results predicted with certainty » to « values of observable *properties* of the systems, » that the ensemble in question at the instant corresponding to the half-life of the atomic oscillator could be partitioned into two subensembles of equal size, one containing excited oscillators and still bodies, the other containing decayed oscillators and moving bodies. If such a division into subensembles is to be possible, the ensemble in question must be a *mixture*, characterized mathematically by the wave functions of any set of its possible resolutions into pure subensembles together with their respective weights (fractions of the original ensemble in a given subensemble). In the present example, the mixture would consist of $\alpha_1(x)\gamma_1(y)$, weighted 1/2, and $\alpha_2(x)\gamma_2(y)$, weighted 1/2. Such is the demand of classical intuition.

There is, however, an intolerable flaw in the foregoing classically-motivated reasoning. A closed composite system (oscillator plus body) has purportedly evolved, during the half-life of the oscillator, from a pure state into a mixture, which is mathematically impossible within the framework of quantum physics. The translation of « certain measurement results » to « properties of systems » was illicit; quantum mechanics has no quarrel with the experimental results cited above, only with the transcendent interpretation of them as revelations of possessed properties. In the correct quantum version, the ensemble would still be pure at the half-life of the oscillator and might be represented by the following wave function:

$$\psi(x,y) = \frac{1}{\sqrt{2}}\ \alpha_1\ (x)\gamma_1(y) + \frac{1}{\sqrt{2}}\ \alpha_2(x)\gamma_2(y).$$

Since $\alpha_1(x)$, $\alpha_2(x)$ are orthonormal functions and for macroscopic bodies it can be shown that $\gamma_1(y),\gamma_2(y)$ are approximately orthonormal, the physical meaning of this wave function is easily seen; the squares of the coefficients $(\frac{1}{\sqrt{2}})$ associated with each alternative for the oscillator energy- « macromomentum » measurement results stated above provide the desired equal probabilities (1/2). Thus, as far as the most interesting- or at least most readily measurable- observables are concerned, the pure ensemble predicted by quantum theory is experimentally indistinguishable from the mixed ensemble demanded by classical intuition.

Nevertheless, the fact that a macrosystem can be forced to participate in a quantum pure ensemble has given rise to considerable philosophical misapprehension among physicists and philosophers unwilling to adjust fully to what might be called pure quantum thinking. Accordingly, numerous schemes have been devised by measurement theorists for the purpose of eliminating from consideration the yet unmeasured nonclassical effects implicit in any such pure ensemble

involving macrosystems. These schemes range from formal mathematical restrictions on the « observability » of those quantum observables which could serve to distinguish the pure ensemble and mixture in question to philosophical obfuscations grounded in naive realism. (For a more detailed review of these matters, cf. [9]).

It is my belief that the desire to render impotent the distinctly quantal features of the pure ensemble involving macrosystems is moored by, if not born of, the common semantic misunderstanding of the term quantum *state* alluded to in section 3. Suppose for the sake of argument the state concept could be applied literally in quantum physics; i.e., assume that the quantum world view centered on the proposition that every physical system possesses a definite wave function in the same manner that classical systems were presumed to carry their primary qualities. An immediate consequence of this view is that the mixture in the example given above would mean, in accordance with the classical ideal, that half the composite systems *each* had wave function $\alpha_1(x)\gamma_1(y)$ and that the other half *each* had wave function $\alpha_2(x)\gamma_2(y)$. On the other hand the (quantally correct) pure state $\psi(x,y)$ would have to signify a grotesque coexistence within *each* composite system of *both* states, so that each atomic ascillator-macrobody pair would somehow be smeared out in an amorphousness wholly at variance with common observation. Hence the mixture- forbidden by quantum mechanics- seems to be the only perceptually verifiable alternative, *provided* the literal interpretation of quantum states as descriptive of individual systems is espoused.

If, however, the concept of state in quantum physics is understood, as advocated earlier, as an indicator of measurement statistics conceptually attached in principle *not* to individual physical systems but to the modes of preparation by which ensembles of systems are generated, then the assignment of a superposition $\psi(x,y)$ to an ensemble involving macrosystems does not lead to any fantasy of coexisting mutually exclusive attributes. On the contrary, the ensemble interpretation of $\psi(x,y)$ is entirely positive in attitude; for the peculiarly quantal predictions inherent in $\psi(x,y)$ but absent from the classically-inspired mixture can now be regarded as scientific predictions which should not be defined away or philosophized into obscurity, but should someday be subjected to experimental tests.

5. - THINKING QUANTALLY. — Recently the liberature of quantum measurement theory has been enlivened by a debate between the representatives of two schools of thought which seem to agree that pure ensembles involving superpositions of macroscopically distinct wave functions *ought* to be physically equivalent to mixtures but disagree heatedly as to the proper manner of achieving this goal. For

the purposes of the present discussion, these viewpoints may be dubbed formalist [10] and physicalist [11].

Formalists strive to delineate subsets of Hermitean operators (the objects representing observables in the quantum formalism) which share the property of yielding the *same* predicted mean values for both the quantally correct pure representation and the classically recommended mixed representation of microsystem-macrosystem ensembles of the type exemplified in section 4. Such subsets of all conceivable observables are then declared to be the only «observable» observables; consequently, restoration of the classical world view at the macroscopic level is achieved since the mixture may be used without physical repercussions. This kind of reasoning can persist, of course, only until some physicist discovers a consistent and workable operational definition for one of the « unobservable » observables.

More palatable in the opinion of the present writer is the physicalist approach, which seeks to establish via physical analysis of actual macroscopic measuring instruments that the only macro-observables *de facto* employed happen to be of such a character that the distinction between the pure and mixed ensembles in question is negligible. However, I am not prepared to grant this version the degree of universality its proponents often claim for it; indeed I would still insist that measurement procedures can exist for which the distinction between the pure and mixed ensembles could not be neglected.

Consider, for example, the microsystem-macrosystem interaction described in section 4. Quantum theory asserts that the ensemble (at the instant of halflife of the atomic oscillator) is pure, having the following wave functon:

$$\psi(x,y) = \frac{1}{\sqrt{2}}\,\alpha_1(x)\gamma_1(y) + \frac{1}{\sqrt{2}}\,\alpha_2(x)\gamma_2(y),$$

where α's and γ's were defined and described in section 4. If either the formalists or the physicalists are correct, the empirical distinction between a pure ensemble with the preceding wave function and a mixed ensemble which can be split into two equally weighted pure subensembles, one with wave function $\alpha_1(x)\gamma_1(y)$, the other with wave function $\alpha_2(x)\gamma_2(y)$ is either nonexistent or negligible. Thus the formalists are essentially predicting that no experiment will ever be devised which measures certain observables; and if physicalists proclaim their method to be necessary and universal, they too are denying that certain measurements can ever be performed.

Typically, arguments on both sides rage in such an abstract setting that the mathematical representatives of the key observables, the ones which might make the allegedly unwanted distinction, seem well beyond physical interpretation. This, however, is an illusion

that can be dispelled by a counter example based on the atomic oscillator-macrosystem pair introduced in the last section. It is easy to calculate the joint probability distribution for the *positions* x and y in the two cases of interest, pure ensemble and mixture. While incontestable pragmatic arguments that neither x nor y are precisely measurable using contemporary technology can admittedly be advanced, nevertheless the physical concept of *position* and its associated mathematical representative are too well entrenched in the quantum mechanical framework for any declaration that x or y are unmeasurable in principle to be at all tenable. Thus if measurements of x and y could distinguish the pure ensemble from the mixture, then the formalist tack would be decidedly unconvincing. On the other hand, the success of the physicalist argument depends upon the numerical size of the difference in the distributions predicted by the pure ensemble and the mixture. Only if that difference is negligible does the physicalist viewpoint prevail. In the present example, that difference is not negligible, as will now be demostrated.

For the pure ensemble with wave function $\psi(x,y)$ defined above, the joint probability distribution for x and y is just

$$w_1(x,y) = \left| \frac{1}{\sqrt{2}} \alpha_1(x)\gamma_1(y) + \frac{1}{\sqrt{2}} \alpha_2(x)\gamma_2(y) \right|^2 .$$

Fort the mixture divisible into one pure subensemble with wave function $\alpha_1(x)\gamma_1(y)$ and a second with wave function $\alpha_2(x)\gamma_2(y)$, each subensemble having weight 1/2, the joint probability distribution for x and y is

$$w_2(x,y) = 1/2 \, |\alpha_1(x)\gamma_1(y)|^2 + 1/2 \, |\alpha_2(x)\gamma_2(y)|^2 \neq w_1 \, (x,y).$$

To see that the difference between these two distributions is not negligible, consider the ratio of their respective values at the point $x = \sqrt{\frac{h}{m\omega}}$, $y = 0$:

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{3/2 + \sqrt{2}}{3/2} \simeq 1{,}94$$

(For convenience, it was assumed in this calculation the $b \simeq g$.)

Clearly the difference between these distributions is not negligible; indeed the difference at this point is of the same order of magnitude as the values of the distributions themselves. It is true that this dramatic distinction will not survive the passage of time; if $\psi(x,y)$ evolves freely, very soon it will become essentially indistinguishable from the mixture so far as x and y measurements are concerned. Nevertheless, when experimental techniques are developed of adequate resolution to measure the fundamental quantum observable position

with sufficient precision, the inappropriateness of universalizing the physicalist argument should become empirically manifest.

Another currently impracticable but theoretically correct illustration of the possible intrusion of quantum effects into macrophysical experience was given recently [12] in a quantal analysis of multiple collisions of billiard balls. Moreover, on the practical side there is considerable empirical evidence in low temperature physics of genuinely quantum-mechanical effects in macroscopic phenomena.

All this suggests that it might be worthwhile--if not ultimately necessary--to learn to view the world through quantum lenses, to interpret, to understand the perceptual deliverances of nature at all levels of physical experience by means of quantum concepts instead of classical ones. This intellectual task is certainly obstructed by ingrained habits of thought. Explanations of data in mechanical terms are often accepted as « common sense » by intelligent laymen; and crude descriptions even of atomic phenomena using classical constructs are frequently, and somewhat ludicrously, called « physical » explanations by physicists themselves! Obviously, it is the classical modes of thought which are regarded as somehow primary by almost everyone.

The situation is not without parallel in the history of physics. Consider the stages in the development of concepts of gravity. In the organismic universe of Aristotelian physics, ponderable bodies fell to the ground by virtue of a kind of « homing » instinct, a somewhat anthropomorphic tendency to seek out their appointed places in the Dantesque cosmos. Later, in the more scientifically precise universe of Newton, ponderable bodies fell to the ground not so much to maintain an eternal order but because they were pulled down. Today, in the even more scientifically precise universe of Einstein, ponderable bodies fall to the ground because that motion constitutes the shortest available route through curved spacetime. Yet it is probably the Newtonian version which still seems « real » to most people. Einstein's general relativity occupies an intellectual niche somewhat like that of quantum physics. Both are called upon only in emergencies stemming from excess extrapolation of the classical concepts. It is the latter which almost invariably provide points of departure for physical reasoning. However, this does not seem to be a necessity; after all, mankind did successfully cross the intellectual gulf between Aristotelian and Newtonian gravitation, so that no one now instinctively uses the latter just to make corrections to a primary organismic model.

As suggested at the outset, the contemporary era in physics would seem to be witnessing a transition in the character of physical intuition somewhat analogous to that which occurred in the 16th and 17th centuries as Aristotelian ideas gave way to Newtonian ones. Quantum mechanics as a mathematical tool for microphysical problems is well

developed and widely understood; but its epistemology effectively receives only lip service. And the jargon of the experimentalist--the language of the laboratory--reflects the continuing primacy of the classical world view as the epicenter of so-called « physical » insight.

In short, man--even scientific man--has not yet begun to *think quantally*, to describe using quantum constructs in a quantum format those aspects of human experience accessible to the scientific method. Maybe quantum jargon will always seem too cumbersome and inefficient for reporting everyday physical experience. Yet it should be noted that even laymen now interpret lightning as an electrical effect rather than as the handiwork of an ethereal pyrotechnist.

Perhaps it is time to weigh this anchor of classical preconceptions, to set sail for the uncharted horizons of a pervasive *quantal* intuition. The cultural impact of such a course is difficult to presage. However, one could probably expect to encounter fewer biologists seeking to explain life against the intellectual backdrop of classical mechanism. And some philosophers might even cease denying that the human mind is an entity *sui generis*, and therefore withdraw their espousal of mechanistic resolutions of the mind-body problem. In any case, if there is to be such a « quantum renaissance », scientists and philosophers themselves will have to begin taking more seriously the epistemological implications of quantum physics.

Pullman, Washington State University, Department of Physics.

J. L. PARK

REFERENCES

[1] COPERNICUS N. - *De Revolutionibus Orbium Caelestium* (1543). Translated by J. F. Dobson and S. Brodetsky. *Occasional Notes of the Royal Astronomical Society 2* (1947), 9.

[2] BOHR N. - In *Albert Einstein: Philosopher-Scientist.* P. Schilpp, Ed. New York: Harper and Bros. (1959), 209.

[3] HEISENBERG W. - *Physics and Philosophy.* New York: Harper and Bros. (1958), 44.

[4] MARGENAU H. and PARK J. L. - In *Delaware Seminar in the Foundations of Physics.* M. Bunge, Ed. New York: Springer-Verlag (1967), 161.

[5] MARGENAU H. - *Physics Today* 7 (1954), 6. Cf also PARK J. L. and MARGENAU H. - « Simultaneous Measurability in Quantum Theory » (to be published in *The International Journal of Theoretical Physics*).

[6] PARK J. L. - *American Journal of Physics 36* (1968), 211.

[7] SCHRODINGER E. - *Naturwissenschaften 23* (1935), 812.

[8] ROSEN N. - *American Journal of Physics 32* (1964), 597.

[9] PARK J. L. - *Quantum Theoretical Concepts of Measurement*, Parts I and II (to be published in *Philosophy of Science*).

[10] JAUCH J. M. - *Helvetica Physica Acta* 37 (1964), 293. JAUCH J. M., WIGNER E. P. and YANASE M. M. - *Nuovo Cimento 48B* (1967), 144.

[11] DANERI A., LOINGER A. and PROSPERI G. M. - *Nuclear Physics* 33 (1962), 297; *Nuovo Cimento* 44*B* (1966), 119. ROSENFELD L. - *Supplement: Progress of Theoretical Physics*, Extra Number (1965), 222; *Nuclear Physics A*108 (1968), 241. LOINGER A. - *Nuclear Physics A108* (1968), 245.

[12] RAYMOND D. J. - *American Journal of Physics 35* (1967), 102.

CHROMOSOME ORGANIZATION IN RELATION TO THE MECHANISM OF CROSSING-OVER

Cytological evidence on the controversial question of the number of DNA molecules forming the axis of germ-line chromosomes is reviewed. Observations on chromosomes with the light microscope provide no information on this question, nor do experimental results on the kinds of aberrations produced in chromosomes by X-ray treatment at different times in interphase or mitosis. The diversity in DNA content of the nuclei of related species with the same chromosome number, which has often been regarded as evidence for variation between species in the degree of multistrandedness of the chromosomes, is explicable as variation in the DNA content of individual chromomeres and so provides no evidence about the number of strands in a chromosome. It is argued that recent work on DNA replication in an eight-spored strain of Chlamydomonas *likewise provides no information. Electron microscopy, tritium labelling, and the kinetics of breakage by deoxyribonuclease are considered to be the only techniques which have provided relevant information. All three have given results which suggest that the axis is one DNA molecule (or a number joined end-to-end), and no data exclude this possibility. The conclusion that the chromosome is single-stranded is in agreement with data from crossing-over and related genetical phenomena.*

Ideas about chromosome organization need to be related to ideas about the mechanism of crossing-over, because crossing-over involves the physical exchange of segments between corresponding chromosomes. In this review of cytological evidence concerning the structure of the chromosome, current ideas about the exchange process will first be briefly mentioned to show their implications for chromosome organization.

It now seems highly probable that crossing-over involves the physical breakage of the chromosomes of paternal origin and of maternal origin at corresponding positions, followed by their rejoining the other way round, that is, a paternal left-hand segment joined to a maternal right-hand segment, and *vice versa*. The alternative possibility was that the exchange occurred in the process of duplicating the chromosomes prior to nuclear division at meiosis, part of one chromosome being copied and then the process of synthesis switching across to the homologous chromosome (derived from the other parent of the individual) and copying it instead. Genetical information about crossing-over has been obtained largely from ascomycete fungi such as species of *Ascobolus*, *Aspergillus*, *Neurospora* and *Sordaria*. Particularly useful has been the occurrence of aberrant ratios among the eight spores in an ascus. Ratios such as 6 : 2 or 5 : 3 instead of the normal 4 : 4 when a mutant character is segregating are commonly associated with crossing-over of genes situated on either side of the mutant showing the aberrant ratio. These ratios were at first thought to support the hypothesis of crossing-over by switch-synthesis (copy-choice), but are now inter-

preted in terms of breakage and reunion, with the rejoining occurring by the lateral association of complementary nucleotide-chains or DNA derived from the paternal chromosome and the corresponding part of the maternal chromosome, respectively, to give heteroduplex of hybrid DNA. In order to explain the experimental results in terms of hybrid DNA, however, it is necessary to assume that the axis of a chromosome contains only one DNA molecule (or a number joined end-to-end). In other words, it is assumed that the genetical information is not repeated in a number of such molecules lying parallel to one another. This multistranded condition would require a complex and implausible hypothesis such as Maguire [1] has proposed. Her model includes an interchange of chains between the two DNA molecules postulated as forming the axis of each chromatid. This interchange is an *ad hoc* proposal to account for results obtained by Taylor and discussed below. Moreover, some of the experimental data on crossing-over and associated phenomena resemble the results from bacteria and bacteriophages, where the hereditary material is known to be single-stranded (one DNA duplex) [2]; to explain these features of crossing-over requires a single-stranded model.

A dilemma has thus arisen: how can a single-stranded chromosome (one DNA duplex as axis) be reconciled with the experimental results from the study of chromosomes by various means, many of which suggest that the chromosome is multistranded? It is the purpose of this article to examine the results obtained from these studies of chromosomes and to attempt to resolve the conflict between the cytological and the genetical data.

Eight different cytological lines of study have been used as a basis for arguments about the number of strands in a chromosome, and each will be considered in turn. The controversy over chromosome structure relates only to germ-line chromosomes: it is generally agreed that the chromosomes of certain somatic tissues, notably the giant chromosomes of the salivary glands of the larvae of flies such as *Drosophila* and *Chironomus* are multistranded (polytene).

The first and most obvious method for examining chromosomes is to observe them under the light microscope. Observations can be made either on living material with phase-contrast microscopy, or on fixed and stained preparations which may have been pretreated in various ways, for instance, with enzymes which remove certain parts of the chromosome. There have been many reports on the basis of light microscope observations that the chromosome is multistranded [1, 3, 4, 5]. Bajer [3] has seen two strands in phase-contrast ciné films of anaphase and telophase chromosomes at mitosis in living material of the endosperm of the flowering plant *Haemanthus katherinae*. Trosko and Wolff [4] observed four strands in the chromosomes of *Vicia faba* (Broad Bean) root-tips after digestion with trypsin, and Maguire [1, 5]

observed two strands in *Zea mays* (Maize) chromosomes. Bajer has pointed out, however, that the light microscope has a resolving-power of 0.2 - 0.3 μ. It is evident, therefore, that the strands observed by these authors have no direct relevance to the question at issue here, which is whether the axis of a chromosome contains one DNA molecule or more than one. A DNA molecule has a diameter of 2 mμ, or perhaps 3 mμ with its associated basic proteins (histones). The power of the light microscope is thus 100 times too poor to resolve one DNA molecule from two. The strands observed are evidently aggregates of the basic unit, such as are expected when the chromosome is in a strongly contracted state at nuclear division, and the primary axis is no doubt much folded back and forth upon itself (compare the results from electron microscopy discussed below). It is concluded, therefore, that light-microscope observations provide no information either for or against the hypothesis that the chromosome axis consists essentially of a single DNA molecule.

A second method of observing chromosomes is to use the electron microscope, with its much greater resolving-power. The early studies of chromosomes by this method [6] revealed a tangle of very fine threads and led rather naturally to the idea that the chromosome is multistranded at the molecular level. The evidence is by no means conclusive, however: a tangle of threads would be seen if a single thread were much folded back and forth upon itself. Recently the technique of Kleinschmidt *et al.* [7] — separating the DNA of a virus particle by spreading at an air-water interface — has been applied to chromosomes by several authors [8, 9]. These studies have revealed that chromosomes are composed of fibres 25 - 30 mμ in diameter. This is still more than 10 times the diameter of a DNA molecule but, nevertheless, these authors agree in believing that these fibres contain only one DNA molecule. The fibres can be stretched in a way that would not be possible if they were multistranded. Wolfe and Hewitt [9] observed that the number of these fibres per chromatid increased during prophase I of meiosis in the insect *Oncopeltus fasciatus* from 7 (range 4 to 10) in an early stage (zygotene) to 12 (range 7 to 16) at a late stage (diakinesis) when the chromosomes are strongly contracted. This demonstrates that the multistranded appearance of the chromosomes in terms of the 25 mμ fibres can arise by parallel folding as the chromosome contracts, and so is compatible with a single-stranded chromosome. It is concluded that these electron microscope studies do not indicate that the chromosome is necessarily multistranded. Indeed, the work of Miller [10], if confirmed, will establish that the chromosome is single-stranded: he examined the so-called lampbrush chromosomes from oocytes of the newt *Triturus viridescens* under the electron microscope. These germ-line chromosomes are at the diplotene stage of meiosis and consist of a main axis joining

the linear array of chromomeres, and a series of loops arising in pairs from the chromomeres. There is good evidence that the main axis consists of 2 chromatids and the loops of one (see below). After digestion with ribonuclease and proteases to remove RNA and protein, Miller found that under the electron microscope the main axis consisted of an exceedingly fine thread of diameter 5 mμ and the loop axis was even finer with a diameter of 3 mμ. These sizes preclude a multistranded condition.

There is a conflict of evidence at the present time over the size of the nucleoprotein fibre from which the chromosome is constructed. As indicated above, electron micrographs indicate a fibre of about 25 mμ diameter. On the other hand, Pardon, Wilkins and Richards [11] have inferred from X-ray diffraction studies that a nucleohistone thread of diameter 3 mμ is coiled to give a helix of pitch 12 mμ and external diameter 13 mμ.

A third method of attempting to obtain information about the number of strands in a chromosome is to study its replication using a radioactive label. Tritium (^3H) is particularly appropriate as a label because the β-particles which it emits are of low energy and penetrate only about 1 μ into photographic emulsion. The position of the tritium can then be determined with some precision: in particular, the two chromatids of a large metaphase chromosome may be sufficiently far apart for the autoradiograph to reveal the presence or absence of label in each individually. Using thymidine, which is incorporated into DNA but not RNA, Taylor, Woods and Hughes [12] found that tritium labelling of the thymidine revealed a remarkably regular pattern of behaviour of the DNA during chromosome replication. They studied this behaviour at mitosis in the nuclei of the root-tips of *Vicia faba*. One replication in the presence of the label led to the labelling of both chromatids at the succeeding mitosis, but after another replication, this time without tritium in the thymidine, the original label was found to be confined to one chromatid of each pair (see Fig. 1). The simplest explanation of this result is that the chromosome is single-stranded, that is, has an axis comprising one DNA molecule. The two sub-units of the chromatid revealed by the experiment would then be the two nucleotide-chains of the DNA axis; at each replication these would separate and a new chain be laid down alongside each. If the chromosome is multistranded, it must be so organized that all the DNA molecules in each chromatid are alike as regards the two different times when their respective nucleotide-chains were synthesized. The two sub-units of each chromatid revealed by the experiment would then be the two sets of nucleotide-chains synthesized at different replications.

Subsequently, Taylor [13, 14] obtained evidence favouring the single-strand alternative. In some of the cells breakage and exchange

of segments were found to have occurred between homologous chromatids. These exchanges were recognisable after the second replication (the one in the absence of tritium) because the label was in one chromatid for part of its length and the sister chromatid for the remainder. Sometimes two homologous chromosomes both showed such exchanges at corresponding positions. This was called a twin-exchange but was evidently caused by one breakage and rejoining event occurring just after the first replication (the one in the presence of tritium) such that in each broken chromatid a segment of the old (unlabelled) sub-unit

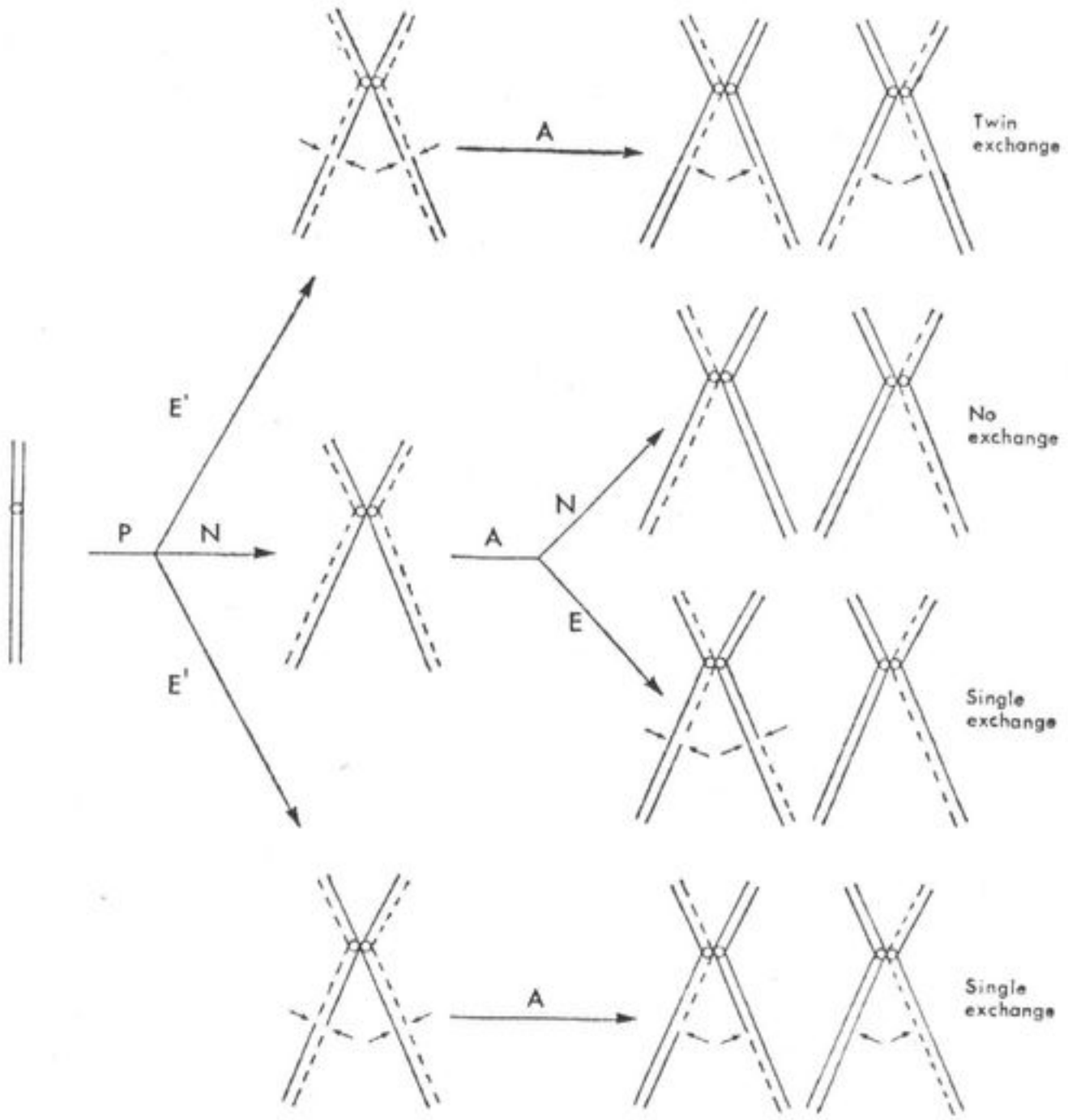


Fig. 1

Diagram to show the results obtained by Taylor and associates [12-14] from labelling the chromosomes of Vicia faba *and* Bellevalia romana *root-tips with tritiated thymidine. The first diagram shows a telophase chromosome and the others are at metaphase. Each line represents one of the two sub-units of the chromatid inferred from the experiment, the broken lines representing labelled sub-units. Circles indicate the centromeres. Small arrows show the points where sub-units of different origin have joined after an exchange of segments between sister-chromatids. A = replication in the absence of the label. E = an exchange of segments between sister-chromatids, with the joining of old sub-units to new in one chromatid but not the other (E'), or in both (E''), or not specified (E). N = no exchange. P = replication in the presence of the label.*

Diagramme pour montrer les résultats obtenus par Taylor et ses collaborateurs [12-14] du marquage des chromosomes des pointes de racines de Vicia faba *et de* Bellevalia romana *avec la thymidine tritiée. Le premier diagramme montre un chromosome à la télophase et les autres sont à la métaphase. Chaque ligne représente une des deux sous-unités du chromatide inferées de l'expériment, les lignes brisées représentant les sous-unités marquées. Les cercles indiquent les centromères. Les petites flèches montrent les points où les sous-unités d'origine différente se sont unies après un échange de segments entre chromatides soeurs. A = réplication en l'absence de marquer. E = un échange de segments entre chromatides-soeurs, avec la réunion d'anciennes sous-unités à de nouvelles dans un chromatide, mais pas dans l'autre (E'), ou dans les deux (E''), ou non spécifiée (E). N = aucun échange. P = réplication en présence du marqueur.*

of one chromatid had joined to a segment of the new (labelled) sub-unit of the other, and *vice versa* (E" in Fig. 1). The other kind of exchange, which appeared to involve the chromatids of one chromosome only, was called a single exchange. It could arise in two ways: either (*a*) by an exchange occurring just after the second replication (E in Fig. 1), or (*b*) by an exchange taking place just after the first replication, but with rejoining such that in one of the broken chromatids a segment of the old (unlabelled) sub-unit of one chromatid had joined a segment of the old sub-unit of the other, and similarly with the new (labelled) sub-units(E' in Fig. 1); this could not happen, however, if the chromosome were single-stranded because the old sub-units of the two chromatids would be nucleotide-chains of opposite polarity, and similarly with the new sub-units. The opposite polarity refers to the phosphodiester links of the nucleotide-chains, which run in opposite directions in the two chains of the DNA molecule. Thus, if the axis of the chromosome consists of only one DNA molecule the single exchanges can arise only by alternative (*a*) above, that is, an exchange after the second replication (E in Fig. 1 and not E'). There will be twice as many opportunities for exchange at the second replication compared with the first because the chromosome number will have been doubled, since colchicine was used to inhibit spindle formation. Hence, with a single-stranded chromosome, twice as many single exchanges as twin-exchanges are expected. Taylor [14] found the 2 : 1 ratio in counts of exchanges in the largest chromosome of the liliaceous plant *Bellevalia romana*. Confirmation of this ratio was obtained by Herreros and Giannelli [15] with much larger counts from human cells in culture. To explain this ratio with a multistranded chromosome it is necessary to make rather elaborate assumptions about how the DNA is organised and undergoes exchanges.

Some authors, notably Peacock [16], have observed tritium labelling at corresponding positions of both chromatids after the second replication (the one in the absence of the label). This iso-labelling, as it has been called, occurred in one or more chromosomes, or a part of one chromosome, in some of the cells. Peacock suggested two possible explanations: (i) the chromosome is multistranded and the two alternative labelling patterns at the second mitosis (either one chromatid labelled or both labelled) depend on how the component DNA molecules assort; or (ii) the chromosome is single-stranded but there have been multiple exchanges between the chromatids in the iso-labelled regions. In the absence of evidence for multiple cross-overs, Peacock favoured the first explanation. In an attempt to reconcile genetical data on recombination with cytological studies [see 17] of lampbrush and salivary gland chromosomes, I have suggested that the chromomeres are detached from the chromosome when crossing-over takes place [18]. Such detachment would also explain iso-labelling, because

it would allow rejoining to the sister-chromatid. If the rejoining of some chromomeres was to the original chromatids and of others to the sister-chromatids, this would cause multiple exchanges in terms of the tritium labelling, but not in terms of genetical crossing-over. In this way the iso-labelling would be compatible both with a single-stranded chromosome and with crossing-over or mitotic exchanges occurring only at widely-spaced intervals, as observed.

A fourth approach to the question of the number of strands in a chromosome is provided by aberrations induced by X-rays and other agents. It is well-known that treatment early in interphase causes *chromosome* aberrations at the next mitosis, that is, affecting both chromatids, and treatment late in interphase causes *chromatid* aberrations, that is, affecting only one chromatid of a pair. This result is in agreement with the evidence that the DNA and protein of the chromosome are duplicated in mid-interphase. More detailed study, however, using tritiated thymidine to determine the time of DNA synthesis, revealed an inconsistency: the chromosome became double to X-rays (giving chromatid instead of chromosome aberrations at the next mitosis) one hour before the onset of DNA replication [19]. This discovery has been thought to eliminate the single-strand hypothesis of the chromosome, but consideration of a likely mechanism for the formation of aberrations shows that this conclusion is erroneous. Aberrations are probably formed by chance encounters between nucleotide-chains derived from non-homologous regions of the genome, but which happen to have complementary nucleotide sequences [20]. The annealing surface of these chains would have been exposed through breakage of the phosphodiester backbone by the X-rays, followed by uncoiling from the complementary chain. Evans [21] working with *Vicia faba* root-tips has found that a fractionated X-ray dose with a 5- or 6-hour time interval causes as many aberrations as a single dose of the same total size given at the earlier time. He has argued that the formation of aberrations involves a repair process — misrepair — and that this takes place 5 or 6 hours after the treatment with X-rays which initiated their formation. He suggests that during repair the chromosomes are temporarily more vulnerable to the formation of aberrations. This is understandable because the repair process is likely to involve some DNA synthesis to fill gaps in nucleotide-chains, and in the bacterium *Escherichia coli*, at least, such synthesis seems to be preceded by a temporary enlargement of the gap [22]. That the chromosome becomes double to X-rays one hour before the beginning of the period of normal DNA synthesis (S period) implies that the repair process gives chromosome aberrations until 4 or 5 hours after the start of the S period and then gives chromatid aberrations. The S period lasts about 8 hours, so this time corresponds to the middle of the period of DNA replication. Thus, when allowance is made for delay in completing

the process of formation of aberrations as a result of the need for repair, it is apparent that there is no inconsistency between the time of DNA synthesis and the time when the chromosome becomes double to X-rays. The single-strand hypothesis is thus not excluded by these experimental results.

A fifth approach to the problem of the number of strands in a chromosome is the study of subchromatid exchanges induced by X-rays or other agents. Such exchanges, which can be induced only by treatment at prophase of the nuclear division in which they are observed, give rise to anaphase bridges with two side-arms. They were described by Swanson [23], who recognised types having an X and a U configura-

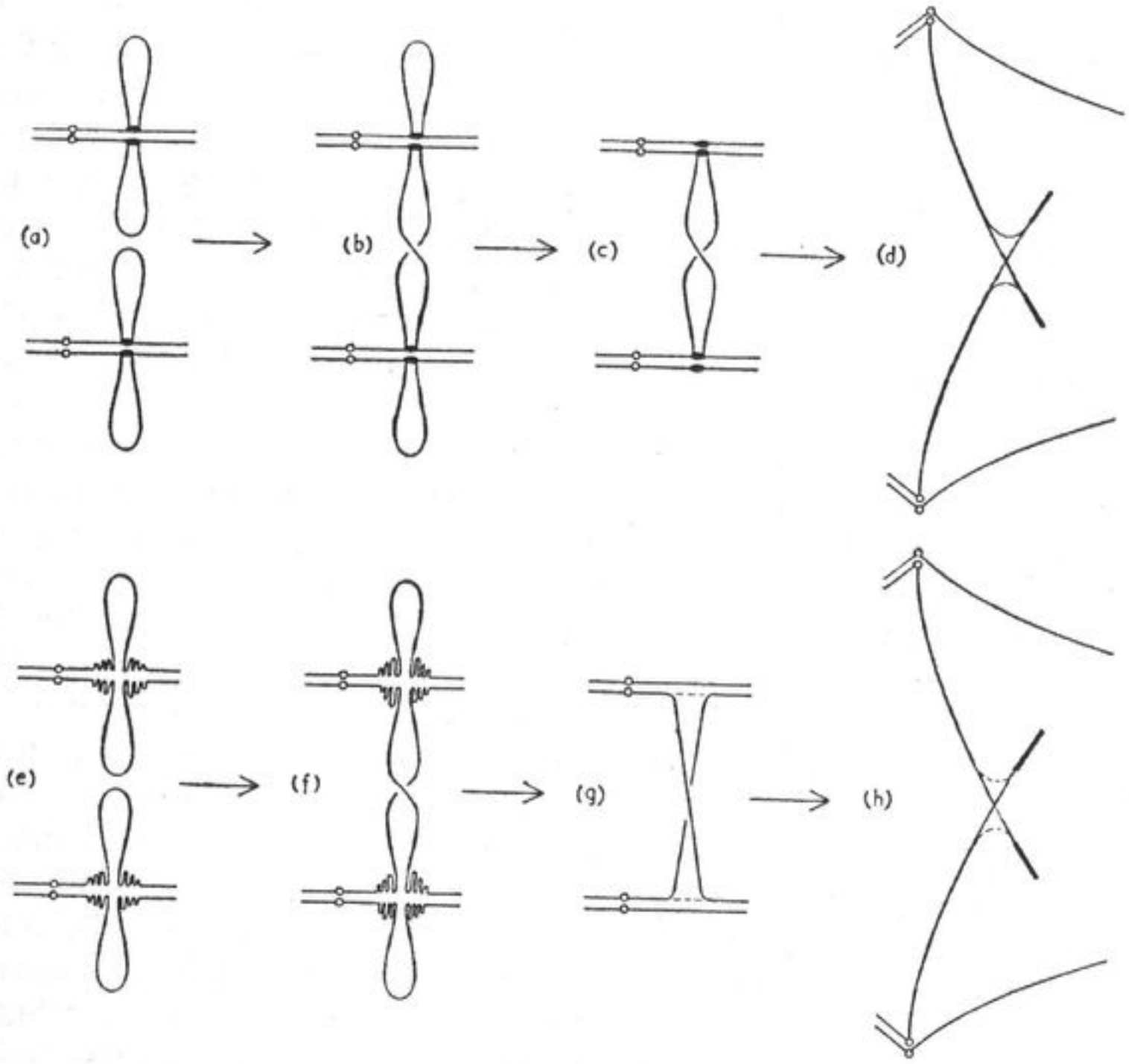


Fig. 2

Diagrams to show hypothetical stages in the formation of an X-type subchromatid exchange between lampbrush loops. The diagrams (a)-(c) represent late prophase I and (d) represents anaphase I of meiosis. For simplicity, no chiasmata and only one set of lampbrush loops are shown. (a) Two pairs of loops. (b) After exchange between two loops. (c) Loops retracted, except where prevented by the exchange. (d) The resulting X-type two-arm bridge. Diagrams (e)-(h) correspond to (a)-(d). In (e) and (f) the chromomere structure proposed by Gall is shown, and in (g) and (h) broken lines indicate adhesion of chromomeres without continuity of the chromatid axis.

Diagrammes pour montrer les stades hypothétiques dans la formation d'un échange subchromatidique de type X entre des boucles en rince-bouteille. Les diagrammes (a)-(c) représentent la prophase I tardive et (d) représente l'anaphase I de la méiose. Pour la simplicité, on ne montre aucun chiasmata et seulement un ensemble de boucles. (a) Deux paires de boucles. (b) Après échange entre deux boucles. (c) Boucles contractées, sauf où l'échange l'empêche. (d) Le pont à deux bras résultant. Les diagrammes (e)-(h) correspondent à (a)-(d). Dans (e) et (f) on montre la structure des chromomères proposé par Gall, et dans (g) et (h) les lignes brisées indiquent l'adhérence des chromomères sans continuité de l'axe chromatidique.

tion (Figs. 2*d* and 3*d*, respectively). Most observers have argued that the existence of subchromatid exchanges shows that the chromosome cannot be single-stranded. This argument is false, however, because Callan [24] has shown that parts of chromosomes which do not contain a DNA axis can nevertheless adhere and withstand considerable tension. These parts are the chromomeres of *Triturus* lampbrush chromosomes. He found that ultimately when such a chromosome is stretched the chromomeres break transversely such that the loops span the break; this and other evidence led Gall to propose the structure shown in Fig. 2(*e*) for a chromomere and its loops [24]. A likely explanation for subchromatid exchanges induced by X-rays or chemicals is the formation of an exchange between lampbrush loops, because the time when subchromatid exchanges can be induced (prophase) coincides with that when chromosomes are known to have the lampbrush structure [25]. Moreover, exchange between lampbrush loops (which might be homologous or non-homologous) can occur in two ways depending on the relative orientation of the loops: these alternatives would corre-

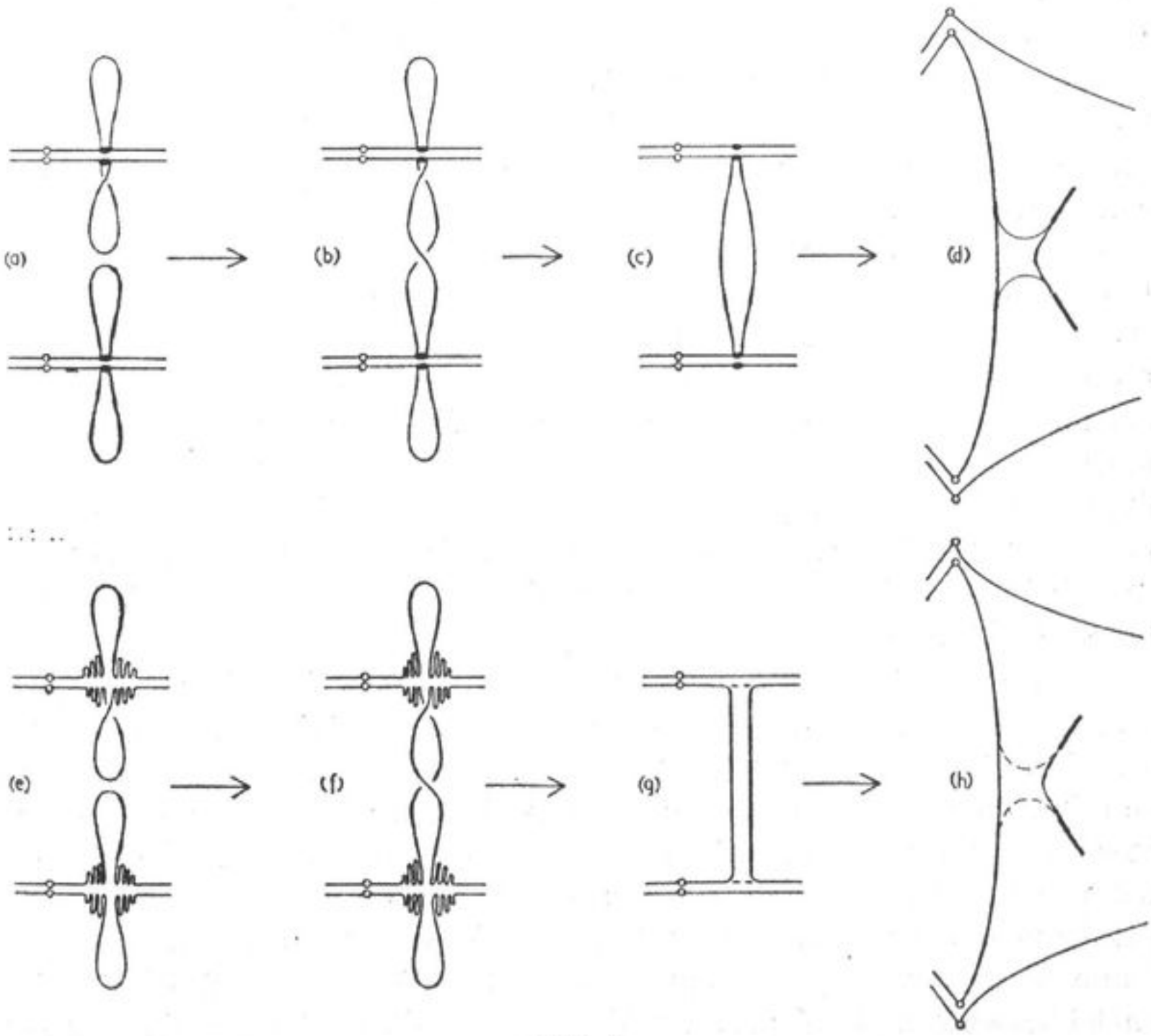


Fig. 3

Diagrams corresponding to those in Fig. 1 to show hypothetical stages in the formation of a U-type subchromatid exchange.

Diagrammes correspondant à ceux dans la Fig. 1 pour montrer les stades hypothétiques dans la formation d'un échange subchromatidique de type U.

spond to the X- and U-types, respectively (Figs. 2 and 3). Confirmation that the subchromatid appearance of these exchanges is illusory has been obtained from study of the aberrations induced at the mitosis following that in which the treatment with X-rays or chemicals took place. Subchromatid aberrations at the first mitosis would be expected to become chromatid aberrations at the next mitosis, whereas if the subchromatid aberrations are really between whole chromatids as suggested in Figs. 2 and 3, then chromosome rather than chromatid aberrations should appear at the next division. Numerous chromosome aberrations have been found at this division [26], while only on rare occasions have chromatid aberrations been seen [27]. It is evident that the so-called subchromatid exchanges induced by X-rays and other agents provide no support for the hypothesis that the chromosome is multistranded.

A sixth method of obtaining information about the number of strands in a chromosome is from study of the kinetics of breakage by the enzyme deoxyribonuclease (DNase). Thomas [28] showed that this enzyme cleaves the phosphodiester links in the backbone of the nucleotide chains of DNA at positions distributed at random along the two chains, and that the molecule is broken when both chains are cut within about three nucleotides of one another. Gall [29] photographed unfixed lampbrush chromosomes of *Triturus* at known time intervals after placing them in the enzyme solution, and counted the number of breaks observed at each time. From such data, on the assumption that all the sub-units have to be cut at approximately the same position to sever the chromosome thread, it is possible to calculate the number of sub-units to the chromosome. Gall's data gave the figures 2.6 for the loops (one chromatid) and 4.8 for the main axis (two chromatids). He concluded that there were 2 sub-units, that is, one DNA duplex, per chromatid because the estimated values were likely to be in excess of the true ones owing to delay both in the enzyme reaching its substrate and in the broken ends diffusing apart far enough for the break to be seen.

A seventh line of enquiry about the number of strands in a chromosome depends on study of the variation in the DNA content of the nuclei of closely-related organisms. The range of variation both within and between different groups of organisms is illustrated in Fig. 4. Species of amphibia and of dicotyledons, for example, have DNA contents per nucleus which range over 1.5 orders of magnitude. Even within genera there is remarkable variation. Martin and Shanks [32] found a sixfold range of variation in the DNA content of root-tip nuclei between diploid species of *Vicia*, and Callan [17] quoted examples of similar variation in animals. This diversity of DNA content has often been attributed to variation between species in the number of strands in the chromosomes. Keyl [33] found that individual trans-

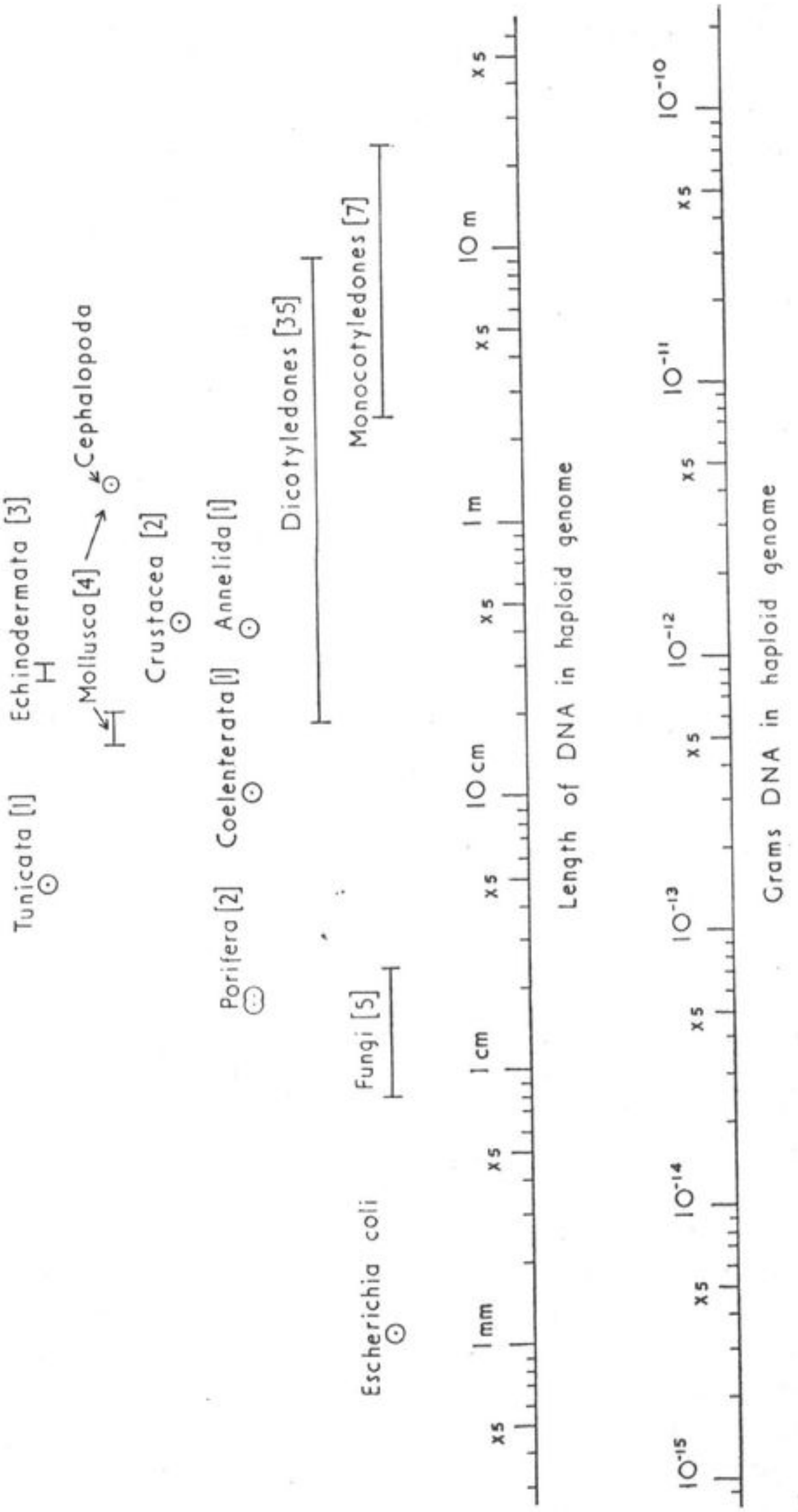


Fig. 4

Diagram to show the DNA content of the haploid genome of various organisms. The DNA content is expressed as weight in grams and also as length in the metric system. The graph is based on various absolute measurements [30] in conjunction with some relative values [17, 31, 32]. Figures in brackets in the diagram show the number of species to which the DNA values refer.

Diagramme pour montrer le taux de DNA du génôme haploïde de différents organismes. La teneur en DNA est exprimée en poids en grammes et aussi en longueur dans le système métrique. Le dessin est basé sur diverses mesures absolues [30] en conjonction avec quelques valeurs relatives [17, 31, 32]. Les chiffres entre parenthèses dans le diagramme montrent le nombre d'espèces auxquelles les valeurs en DNA se rapportent.

verse bands in the salivary gland chromosomes of subspecies *thummi* of the fly *Chironomus thummi* contain 1, 2, 4, 8, or 16 times as much DNA as the corresponding bands in subspecies *piger*. The DNA contents were measured by microspectrophotometry after Feulgen staining. The total DNA content of the *thummi* nucleus was 1.27 times greater than *piger*, both in the salivary glands and the gametes. On the basis of these results, Keyl proposed that the DNA content of individual chromomeres, which are known to correspond to the transverse bands of the salivary gland chromosomes [34], underwent successive doubling in evolution. Keyl and Pelling [35] found by ^{3}H-thymidine autoradiography that the bands with larger DNA content take longer to replicate. Keyl therefore suggested that the doubling of DNA content of a transverse band was caused by a doubling of the length of its DNA molecules. Callan and Lloyd [36] suggested, on the basis of their studies on *Triturus* lampbrush chromosomes, that the chromomere consists of a set of copies of a gene arranged in consecutive linear series within one DNA molecule. Callan [17] proposed a matching process between a master copy at one end of the series and the other copies, or slaves, whereby the slaves acquire the same nucleotide sequence as the master. This makes their master-and-slaves model more readily compatible with genetical data on mutation and recombination. According to this model, the doubling of DNA content of a chromomere in evolution found by Keyl would be caused by doubling the number of slaves. The significance of this doubling is not clear, but it provides an alternative explanation to multistrandedness for the large range of variation in DNA content of related species.

Yet another approach to the question of the number of strands in a chromosome has been raised by Maguire [5] who has argued that work on DNA replication in the green alga *Chlamydomonas reinhardi* [37] indicates that the chromosome is multistranded. This argument, however, seems to be fallacious. In *Chlamydomonas* fertilization gives rise to a thick-walled resting-spore which on germination normally produces 4 zoospores. Germination of the zygotes can be initiated by exposing them to light. Meiosis occurs about 8 hours later (at 25°C) and the zoospores are released after a further 4 hours. Sueoka *et al.* [37] studied an abnormal strain which produced 8 zoospores from each zygote. In this strain mitosis occurs in each of the 4 nuclei resulting from meiosis. This mitosis evidently succeeds the meiosis very rapidly because the spores are released at the normal time. By the use of heavy nitrogen (^{15}N) as a density label they found that DNA replication occurred before the completion of meiosis. This replication, however, was evidently in preparation for the post-meiotic mitosis because there was no further DNA synthesis before the release of the 8 zoospores. It is evident that development has been telescoped so much that the premitotic S period overlaps meiosis. It seems to be normal in *Chlamy-*

domonas for DNA synthesis to occur a considerable time before nuclear division: Sueoka *et al.* found that vegetative cells and gametes contained 0.123 pg. of DNA (1 picogram = 10^{-12} g.). This is evidently the diploid quantity because the zygotes contained 0.246 pg. and there was no DNA synthesis before meiosis began. The premeiotic S period had evidently taken place before maturation of the gametes. This is comparable to the discovery that the premeiotic DNA synthesis in the fungus *Neottiella rutilans* occurs before nuclear fusion [38]. It is evident that the results obtained by Sueoka *et al.* with the 8-spored strain of *Chlamydomonas* provide no support for the hypothesis that the chromosome is multistranded.

The arguments which I have discussed about the number of DNA molecules forming the axis of the chromosome may be summarized as follows. No relevant information is provided by five lines of study all of which have at one time or another been described as providing evidence for multistrandedness. These irrelevant topics are (*a*) the appearance of the chromosome under the light microscope, (*b*) the time of doubling of the chromosome to X-rays, (*c*) the occurrence of subchromatid exchanges, (*d*) the diversity of DNA content of related organisms and (*e*) the study of DNA replication in the 8-spored strain of *Chlamydomonas*. The three remaining approaches, namely, electron microscopy, tritium labelling, and the kinetics of breakage by deoxyribonuclease have all provided strong evidence in support of the hypothesis that the axis of the chromosome is a single DNA molecule. Even the iso-labelling observed by Peacock and others, which has often been regarded as the best evidence for multistrandedness, is capable of interpretation with a single-stranded chromosome. I conclude that the assumption that the axis of the chromosome is one DNA duplex — an assumption which allows an explanation of data on crossing-over and related phenomena — is justified by the cytological evidence.

Cambridge University, Department of Botany.

H. L. K. WHITEHOUSE

I thank Professor H. G. Callan, Professor H. J. Evans, Dr S. A. Henderson and Dr P. Morisset for helpful discussions, particularly of subchromatid exchanges, and Mr G. J. Clark for preparing the diagrams.

REFERENCES

[1] MAGUIRE M. P. (1966) *Proc. natn. Acad. Sci. U.S.A.* 55, 44.

[2] WHITEHOUSE H. L. K. (1967) *Nature, Lond.* 215, 1352.

[3] BAJER A. (1965). *Chromosoma* 17, 291.

[4] TROSKO J. E. and WOLFF S. (1965) *J. Cell Biol.* 26, 125.

[5] MAGUIRE M. P. (1968). *Proc. natn. Acad. Sci. U.S.A.* 60, 533.

[6] RIS H. (1965) in *The Chemical Basis of Heredity* (ed. W.D. McElroy and B. Glass), Baltimore, Johns Hopkins Press, p. 23; KAUFMANN B. P. and MCDONALD M. R. (1957) *Cold Spring Harbor Symp. quant. Biol.* 21, 233.

[7] KLEINSCHMIDT A. K., LANG D., JACHERTS D. and ZAHN R. K. (1962) *Biochim. biophys. Acta* 61, 857.

[8] GALL J. G. (1963) *Science, N. Y.* 139, 120; GALL J. G. (1966) *Chromosoma* 20, 221; DUPRAW E. J. (1965) *Proc. natn. Acad. Sci. U.S.A.* 53, 161; WOLFE S. E. (1965) *J. Ultrastruct. Res.* 12, 104.

[9] WOLFE S. L. and HEWITT G. M. (1966) *J. Cell Biol.* 31, 31.

[10] MILLER O. L. (1964) *J. Cell Biol.* 23, 60A.

[11] PARDON J. F., WILKINS M. H. F. and RICHARDS B. M. (1967) *Nature, Lond.* 215, 508.

[12] TAYLOR J. H., WOODS P. S. and HUGHES W. L. (1957) *Proc. natn. Acad. Sci. U.S.A.* 43, 122.

[13] TAYLOR J. H. (1958) *Genetics* 43, 515.

[14] TAYLOR J. H. (1959) *Proc. X. Int. Congr. Genet.* 1, 63.

[15] HERREROS B. and GIANNELLI F. (1967) *Nature, Lond.* 216, 286.

[16] PEACOCK W. J. (1963) *Proc. natn. Acad. Sci. U.S.A.* 49, 793.

[17] CALLAN H. G. (1967) *J. Cell Sci.* 2, 1.

[18] WHITEHOUSE H. L. K. (1967) *J. Cell Sci.* 2, 9.

[19] EVANS H. J. and SAVAGE J. R. K. (1963) *J. Cell Biol.* 18, 525; WOLFF S. and LUIPPOLD H. E. (1964) *Exper. Cell Res.* 34, 548.

[20] BERG C. M. and CURTISS R. (1967) *Genetics* 56, 503.

[21] EVANS H. J. (1966) in *Genetical Aspects of Radiosensitivity: Mechanisms of Repair*, Int. Atomic Energy Agency, Vienna, p. 31.

[22] HOWARD-FLANDERS P. and BOYCE, R. P. ((1966) *Radiation Res.*. Suppl. 6, 156.

[23] SWANSON C. P. (1947) *Proc. natn. Acad. Sci. U.S.A.* 33, 229.

[24] CALLAN H. G. (1963) *Int. Rev. Cytol.* 15, 1.

[25] HENDERSON S. A. (1964) *Chromosoma* 15, 345.

[26] ÖSTERGREN G. and WAKONIG, T. (1954) *Botan. Notiser* 107, 357; KIHLMAN B. A. and HARTLEY B. (1967) *Hereditas* 57, 289.

[27] WILSON G. B. SPARROW A. H. and POND V. (1959) *Am. J. Bot.* 46, 309.

[28] THOMAS C. A. (1956) *J. Am. chem. Soc.* 78, 1861.

[29] GALL J. G. (1963) *Nature, Lond.* 198, 36.

[30] MIRSKY A. E. and RIS H. (1951) *J. gen. Physiol.* 34, 451; VENDRELY R. (1955) in *The Nucleic Acids* (E. Chargaff and J. N. Davidson, eds.) 2, 155; MCLEISH J. and SUNDERLAND N. (1961) *Exper. Cell Res.* 24, 527; FINCHAM J. R. S. and DAY P. R. (1965) *Fungal Genetics*, 2nd ed., Oxford, Blackwell, p. 171; ROTHFELS K., SEXSMITH E., HEIMBURGER M. and KRAUSE M. O. (1966) *Chromosoma* 20, 54.

[31] VIALLI M. (1957) *Expert Cell Res.*, Suppl. 4, 284; REES H., CAMERON F. M., HAZARIKA M. H. and JONES G. H. (1966) *Nature, Lond.* 211, 828.

[32] MARTIN P. G. and SHANKS, R. (1966) *Nature, Lond.* 211, 650.

[33] KEYL H. G. (1965) *Chromosoma* 17, 139.

[34] BEERMANN W. and PELLING, C. (1965) *Chromosoma* 16, 1.

[35] KEYL H. G. and PELLING, C. (1963) *Chromosoma* 14, 347.

[36] CALLAN H. G. and LLOYD L. (1960) *Phil. Trans. R. Soc.* B 243, 135.

[37] SUEOKA N., CHIANG K. S. and KATES J. R. (1967) *J. molec. Biol.* 25, 47.

[38] ROSSEN J. M. and WESTERGAARD, M. (1966) *C. r. lab. Carlsberg* 35, 233.

PARASITES AND THEIR METABOLISM[1]

Parasites live in environments which differ in many respects from the milieux of their free-living relatives, especially in regard to variables which profoundly influence metabolism such as temperature and oxygen tension. One of the most characteristic features of the biochemistry of endoparasites is the prevalence of aerobic and anaerobic fermentations. An important corollary of this is that carbohydrate metabolism predominates in most parasites and proceeds often at very high rates. The great variety of end-products produced indicates a relative lack of degradative pathways. Little is known about the lipid composition and lipid metabolism of parasites. It seems that anaerobic parasites, such as tapeworms, have lost the ability to degrade fatty acids, but can still absorb and alter them, e.g., by lengthening the carbon chains. Absences of biochemical pathways are known also in respect to nitrogenous substances. In some species a functional cytochrome system is present in larval or immature forms, but is lacking in adults. Losses of enzymatic capabilities are in general a characteristic feature of parasite metabolism. On the other hand, parasites exhibit great powers of synthesis as indicated by the rapid growth of many forms, or the enormous numbers of reproductive cells produced.

Comparative physiology is a relatively young offspring of zoology. Its late development is understandable, since sound physiological work must be based on previous elucidation of taxonomic relationships, a knowledge of anatomy and histology, as well as other biological facets. This is especially clear in respect to parasites. It is, for instance, well known that developmental stages of one and the same worm were once considered to be different species; e.g., *Cysticercus* and *Taenia*. It is then no wonder that physiological work on parasites was slow to develop, although the first faltering steps were taken more than a century ago.

I can give here only a few examples of the old work, although I often have regretted that so many of the pioneer studies are forgotten, buried on some musty library shelf. One of the oldest findings is that of the great French physiologist Claude Bernard, [1] who described in 1859 the occurrence of glycogen in a tapeworm, shortly after he had first isolated the polysaccharide from vertebrate material. Another pioneer study was that of Luecke, [2] who in 1860 reported on the chemical composition of *Echinococcus* cyst membranes and that of Heintz [3] who found in 1850 succinic acid in the hydatid fluid - a finding whose implications for tapeworm metabolism have become clear only recently. Great strides forward were then made by Bunge [4]

[1] In the present account it has not been possible to credit all observations mentioned to a certain author. Full bibliographies and many additional data will be found in the following books.

ROGERS W. P. (1962). - *The nature of parasitism.* Academic Press, New York and London.

VON BRAND T. (1946). - *Anaerobiosis in invertebrates.* Biodynamica Monograph No. 4. Biodynamica, Normandy, Missouri, USA.

VON BRAND T. (1966). - *Biochemistry of parasites.* Academic Press, New York and London.

However, on the following pages articles are specifically cited that are of historical interest or of special significance to the discussion.

in 1883 and 1889 who was working then in Switzerland. He showed that the intestinal worm *Ascaris lumbricoides* survives anaerobiosis well and that it produces organic acids in the course of its metabolism. However, the real foundation of parasite physiology, or perhaps better termed biochemistry, can be credited to the German Ernst Weinland in whose laboratory I was priviledged to initiate my work in 1923. Weinland's [5] classical 1901 paper « Ueber Kohlenhydratzersetzung ohne Sauerstoffaufnahme bei *Ascaris*, ein tierischer Gaerungsprozess » can be considered the cornerstone on which subsequent work on helminth physiology was based.

Not too surprisingly, definite chemical information concerning the composition or metabolism of parasitic protozoa lagged behind that accumulating for helminths, due largely to the fact that parasitic protozoa are, with few exceptions, difficult to secure in large quantity. Therefore, profitable investigations became feasible only in recent years after modern micro-techniques had been developed. In this area also some interesting early work should not be forgotten. Mention may be made of the description and analysis of the polysaccharide granules of gregarines by Buetschli [6] (1885), the independent parallel investigation of Maupas [7] (1886), or the studies of Panzer (1911, 1913) [8] on the chemical composition of a coccidium of the swim bladder of a fish.

Turning to endoparasitic arthropods, we find that they were in the past largely neglected and, we have to state regretfully, they still are today, even though a wealth of potentially highly interesting material is available in this group. From the few early studies, mention may be made of the work of Smith [9] (1911, 1913) on the physiological relationship of *Sacculina* and its crab host. One of the most readily available endoparasitic arthropods, was, in the past, *Gastrophilus* larva, but since mechanical horse-power today has largely superseded the animated one, this material has become more difficult to secure. Schwab [10] showed as far back as 1858 that the organism readily withstands periods of oxygen deficiency, and it has been known for a long time that hemoglobin is contained in the cells of the so-called red organ (Prenant [11] 1900, Vaney [12] 1902), and in von Kemnitz [13] fundamental 1916 paper, proof can be found that the *Gastrophilus* larvae normally lead essentially an anaerobic life.

Work on parasite biochemistry did not, in the old days, arouse much interest among parasitologists, and even less among biochemists. The reasons for this lack of interest are not difficult to find. The parasitologists of the older school were trained either as morphological zoologists or as physicians, and they did not have the requisite training to do, or even to appreciate biochemical work. Biochemists, on the other hand, were usually not trained sufficiently in classical, fundamental biology to appreciate the enormous wealth of potentially

available experimental material to be found among various groups of parasites. Fortunately, times and outlooks have changed. During World War II millions of men were exposed to such parasitic diseases as malaria, schistosomiasis, and filariasis. This, coupled with the realization that the great majority of antiparasitic drugs exert their chemotherapeutic activity by interfering with some vital metabolic sequence of the parasites, led to an increased volume of work dealing with the fundamental aspects of parasitology and their relation to practical problems, such as chemotherapy or eradication of intermediate hosts. This stimulation of interest, because of the war, was the turning point. Since that time, an ever increasing volume of pertinent papers has been published, and the end of this logarithmic growth is not yet in sight.

Some General Characteristics of Parasites:

Parasites are ubiquitous. There exists probably no plant or animal species that is not the abode of one or the other parasitic species, and there are few organs or tissues of the host species which are not at least a potential site for a parasitic invasion. Indeed parasitism is a very old way of life. Altohugh the representatives of most parasitic groups are not suited for preservation as fossils, a few fossil parasites have been found. Ectoparasitic gastropods and also *Myzostomida* have been observed on crinoids of the Silurian and Devonian periods; that is, they lived at least 350 million years ago. The antiquity of parasitism is one clue which helps us to understand the many well known morphological adaptations shown by parasites, such as the often seen reduction of certain sense organs, the development of holdfast organs, the increase in reproductive capacity, and many others.

Physiological adaptations are in some instances less readily understood. For example, the abrupt transition from a purely aerobic to a predominantly anaerobic type of life is difficult to visualize. Such an event would have to occur in an oxygen deficient habitat, such as the intestine of a large vertebrate. Evidently, only an organism with a previously acquired potentiality to survive this condition could evolve into a successful intestinal parasite. How such a pre-adaptation may have occurred is uncertain. Various possibilities have been discussed, but the nature of the problem has so far precluded an experimental approach. One view holds that the ancestors of intestinal helminths lived in oxygen-poor mud, another assumes a gradual adaptation to the severe conditions prevailing in the intestine by successive invasion of various host tissues, or various host species. Actually, it is well established that most free-living invertebrates can withstand varying periods of anoxia. The great majority of such organisms merely survive by becoming quiescent and thereby reducing their energy requirements. They cannot carry out all of the required vital func-

tions if a species is to survive permanently under anaerobiosis; e.g., they usually are incapable of feeding or reproducing. It should be recalled that some free-living invertebrates exist that are anaerobes in a fairly strict sense of the word. A well established case is that of the sapropelic protozoa.

We have to admit that from a physiological standpoint the development of endoparasitism is a riddle. The difficulties in understanding the phenomenon are limited not only to those arising when an organism establishes itself in an anaerobic habitat, but other peculiarities of the parasitic habitats must be considered. One can ask « How can a freeliving organism become resistant to the digestive enzymes of the host; how can it become adapted to the low pH of the stomach, or the high osmotic concentration prevailing in many parasitic habitats? » These unanswered questions are of course different from the influence the above factors may have on current parasites which are well adapted to life in their specific habitat. We shall now consider briefly some of these problems.

Influence of Environmental Factors:

First, let us consider the influence of oxygen tension on respiration. It has been known for many years that free-living invertebrates can be divided into two groups in respect to their response to variations in oxygen tension, although no strict line can be drawn between the two. The first group is characterized by a respiration which is independent of the oxygen tension over a wide range, or, expressed in a different way, the critical oxygen tension at which the respiratory rate begins to decline is low. In the second group, the critical tension is quite high, often higher than the 160 mm of Hg characteristic of the oxygen tension of atmospheric air. Consequently, in this group, the respiratory rate varies over a wide range of tension and the maximal rate is often not reached until the tension is raised far over that of air. To the first group belong animals with an organization which insures the ready entry and efficient distribution of oxygen into the somatic tissues (for example, small size, presence of lungs, gills, tracheae, or respiratory pigment). Some parasites, especially small ones, belong to this group: for instance, the culture form of *Trypanosoma cruzi* or the larvae of *Trichinella spiralis*. The best known examples for the second group are found among bulky animals lacking a circulatory system, such as the free-living actinians, and such parasites as *Ascaris* or tapeworms. Among the parasitic worms even small and delicate forms are encountered that show this relationship, as exemplified by the schistosomes. According to a classical explanation, by Krogh [14] (1916), the external tissue layers of these parasites consume all oxygen entering the surface by diffusion, while the inner layers subsist largely by virtue of anaerobic processes. With a de-

crease of the external oxygen tension, a thicker layer of tissue would receive insufficient oxygen and the overall oxygen consumption would therefore fall. This theory finds support in the observation that when the tissues of actininans are minced the dependency of the oxygen consumption on the tension is greatly reduced, evidently because the distance through which oxygen has to diffuse before reaching all cells has been reduced. It is a curious fact though that an analogous treatment does not materially alter the oxygen consumption/tension relationship in such parasites as *Ascaris*, and that, as mentioned above, small worms also show a tension-dependent type of respiration even though they have a volume/surface ratio favorable to diffusion. This indicates rather conclusively that the classical explanation is not wholly satisfactory in all cases. An alternative explanation is that the key factor is not the entry of oxygen into the body itself; i.e., that diffusion is not really the limiting factor, but that the decisive point is the response of one or more enzyme reactions to variations in oxygen tension (von Brand and Mehlman, [15] 1953). Strong support for this view is the observation that the succinoxidase of *Ascaris* works much more efficiently at high, rather than at low, oxygen tensions (Kmetec and Bueding, [16] 1961).

Regardless of the mechanism responsible for the dependency of the oxygen consumption on the tension, its existence has certain consequences for the biology of numerous parasites, especially those living in oxygen deficient environments. Before discussing them, we must consider briefly the question of the oxygen tensions prevailing in parasitic habitats. Blood and tissue parasites, as well as those living in various body cavities, will always have access to some oxygen. This may approximate the amounts available to normal host tissues and cells, but not necessarily so. It is known that inflammatory processes profoundly influence the oxygen tension of tissues. There is good evidence for the assumption that numerous tissue parasites can and do utilize oxygen *in vivo*, and may even depend on its availability. A well documented case is the helminth *Litomosoides carinii*, a rodent parasite; another one, the larva of *Eustrongylides ignotus*, a fish parasite. It must, however, be emphasized that the reliance on a continuous supply of oxygen does not imply that the metabolism of these parasites is purely oxidative. On the contrary, even though they consume oxygen, they do not oxidize metabolic substrates completely, but continue to utilize aerobic fermentations; that is, incomplete oxidations. Just as in the case of malignant tumors, the reasons (as contrasted to mechanisms involved) for the predominance of aerobic fermentations are obscure.

There are few parasitic habitats that are truly anaerobic: the contents of the rumen of large ruminants and, curiously, the intestine of termites and the roach *Cryptocercus*. The highly specialized proto-

zoa of these habitats are readily damaged by oxygen even at low tensions and must therefore be considered as essentially obligatory anaerobes. It is of special interest to note that the inhabitants of the *Cryptocercus* intestine regulate the level of anaerobiosis in their environment by producing reduced glutathione, but whether the protozoa, bacteria, or both, are involved in this process remains unknown.

The domicil of many of the best known parasites (worms and protozoa) is the intestine of vertebrates. Its lumen is quite poor in oxygen, but is not a purely anaerobic habitat. Actually, oxygen diffuses from the capillaries of the intestinal wall into the lumen. Within the lumen, however, the oxygen is rapidly used up and there is a rather steep oxygen gradient close to the wall. It is evident, therefore, that parasites living close to the wall will have access to larger amounts of oxygen than those inhabiting the lumen proper. *Ascaris* is one of the latter. Since its oxygen consumption depends on the oxygen tension, and since the intestinal oxygen tension is far below that of atmospheric air, it can achieve in its normal environment only a small fraction of its maximal oxygen consumption. It is reasonable to assume that *Ascaris* and other large intestinal worms, such as many tapeworms, live a predominantly anaerobic life *in vivo*. It must, however, be realized that no generalizations are possible. Small worms, living in the same habitat as *Ascaris*, because of their more favorable surface/volume ratio, can gather relatively more oxygen, and it has been observed experimentally that they tolerate induced total anaerobiosis less well than the large worms. It can be assumed that the oxidative part of their metabolism is essential to them. In agreement with this assumption is the observation that the respiratory rate of such small nematodes as *Nematodirus* spp. or *Haemonchus contortus* reaches, at the oxygen tension prevailing in their normal habitat, about one half to one quarter of the maximal rate. The old controversy then, as to whether intestinal worms lead an anaerobic or an aerobic life in nature, has evidently become pointless. Worms living side by side in the same habitat can, largely depending on their size, have quite different oxygen requirements.

An important environmental factor influencing the metabolic state of parasites is temperature. Some parasites, such as *Trichinella spiralis*, are exposed throughout their entire life cycle to the high and uniform temperature prevailing in warm-blooded hosts; others, to the more varied temperatures characterizing cold-blooded hosts. Still others alternate between warm-and cold-blooded hosts, and in many cases part of the life cycle is passed in the outside world. Presumably, such parasites occasionally encounter greater fluctuations in environmental temperature than those belonging to the previously mentioned groups, and most free-living invertebrates. It is of great interest to note that recent studies by Vernberg and Hunter [17] (1961) and

Vernberg and Vernberg [18] (1965) have shown that the temperature prevailing in the final host is reflected not only in the temperature tolerance of adult trematodes, which decreases progressively when bird, turtle, and fish parasites are compared. It is already reflected to some extent in the temperature tolerance of the larval stages, although they all live in a coldblooded intermediate host, a snail.

In general, the metabolic rate of parasites, just as that of a free-living invertebrates, rises with rising temperature until a damaging level is reached, whereupon its declines, usually suddenly. However, within the tolerated range the increase in metabolic rate in parasites usually does not parallel the increase in temperature. When the relationship between metabolism and temperature is expressed by means of the often employed equation of Arrhenius, a single straight line is obtained rarely, but in most cases, two, sometime even more, bisecting lines are obtained. The significance of such breaks of continuity is not apparent. It has been postulated that one or another metabolic sequence predominates at various temperatures. It is tempting to assume that this happens in parasites, especially in such cases where the break in continuity occurs at temperatures in the vicinity of those separating a cold-from a warm-blooded host. However, the question is sufficiently open to warrant further studies.

Oxygen tension and temperature are but two of the many environmental factors influencing the metabolic level of parasites. Others that could have been mentioned are the hydrogen ion concentration, the osmotic concentration and the type of inorganic ions prevailing in the medium, or the amount of food provided in the environment. The available space will not allow their discussion. Instead, brief mention will be made now of a few factors originating within the parasites themselves which have a bearing on this point.

Influence of Internal Factors. — The age of a parasite may be mentioned first. When, for example, such protozoa as *Trichomonas foetus*, *T. vaginalis*, *Leishmania donovani*, or *Trypanosoma cruzi* from young and from older cultures are studied, a higher metabolic rate is commonly found in the younger than in the older parasites.

The influence of motility on the metabolic rate is less convincingly demonstrable. It is possible that the observation of a three-fold increase in oxygen consumption of hatched *Ascaris* larvae as compared to embryonated eggs, is due to the motility of the hatched worms. It appears in general, however, that the amount of oxygen required for motility declines *pari passu* with size; i.e., in the case of protozoa the resting metabolism is about the same level as that observed during motility. In respect to size the same general relationship exists as in free-living animals. The respiratory rate declines with increasing

size of the organisms when calculated per unit weight, but the discrepancy between small and large parasites becomes smaller if the metabolic rate is calculated per surface unit. However, the proportionality to surface area is by no means strict. A method frequently used in studying the relations between size and metabolism is to use allometric plots in which weight per specimen is plotted against metabolic rate on a double logarithmic scale, the slope of the resulting line indicating the power to which the body weight must be raised to describe the relationship between it and metabolic rate. The most thoroughly investigated case is that of larval and adult *Taenia taeniaeformis* (von Brand and Alling [19], 1962). It was found that both their oxygen consumption and anaerobic carbon dioxide production were proportional to fractional powers of body weight intermediate between those characterizing weight (1.0) and surface (0.67). Interestingly enough, the values obtained for these tapeworms approximated under three out of four conditions the generalized slope (0.75) calculated by Hemmingsen [20] (1960) for free-living poikilothermic animals. This is rather surprising since tapeworms can be considered as long flattened cylinders, implying that their surface area is roughly proportional to their weight. The reasons underlying this relationship are rather obscure; they have been investigated primarily for warm-blooded animals and often have been related to the heat transfer between animal and environment, an explanation obviously not valid for cold-blooded animals, such as parasites. It has been assumed by Zeuthen [21] (1953) that this relationship indicates a differential growth of factors governing metabolic activity (such as, sum of enzymes, metabolites, possibly inhibitors) and the totality of protoplasm. It must, however, be admitted that an explanation applicable to all instances has not yet been proposed.

General Metabolic Aspects. — Crucial for an appreciation of the peculiarities of parasite metabolism is the fact that practically all endoparasitic protozoa and helminths studied so far are characterized by a fermentative type of substrate utilization. As indicated above, aerobic fermentations are encountered in parasites living in oxygenated environments and anaerobic fermentations in the case of organisms inhabiting near anaerobic or anaerobic habitats. The universal occurrence of fermentations has several consequences of interest in the present context.

Fermentations are essentially oxidation-reduction processes, or, expressed differently, they involve electron transfers without participation of molecular oxygen. Such processes require, if a single type of carbon compound is to serve as primary substrate, the presence of groups that are neither completely oxidized nor completely reduced.

Evidently, the many hydroxyl groups characteristic of carbohydrates are ideally suited to such processes, whereas the totally reduced carbon atoms or the nearly totally oxidized carboxyl group of a typical fatty acid are not. This, then, is probably the reason why the great majority, if not all, endoparasites readily use carbohydrates for energy production. Well documented cases of lipid utilization are limited, with possibly a few exceptions, to free-living stages in the life cycle of some parasites such as hookworms and other nematodes.

Another important consequence of the prevalence of fermentations is that the rates of carbohydrate consumption are generally high, because the energy yield of fermentations is much lower than that of total oxidation. To give a few examples: The blood stream forms of the pathogenic African trypanosomes consume per hour an amount of glucose corresponding to 50-100 percent of their dry weight; the nematode *Angiostrongylus cantonensis* in 24 hours utilizes glucose corresponding to 52 to 72 per cent of its fresh tissue weight an amount similar to that reported for the trematode *Schistosoma mansoni* and several other small helminths. Large helminths, even when leading a predominantly anaerobic life, generally show lower rates. *Ascaris lumbricoides* thus degrades in 24 hours an amount of glycogen approximately 1.3 per cent of its fresh weight. This lower rate is due, at least in part to the fact mentioned above, that the rate of metabolism of large organisms is lower than that of small ones, if expressed per unit weight. Another factor may be that the energy yields of various types of fermentations probably are different, although specific information concerning parasites is lacking.

In view of the preponderance of carbohydrate metabolism it is not surprising that many parasites require an exogenous source of carbohydrate, either for direct utilization in catabolic reactions, or for the synthesis of reserve carbohydrate, commonly glycogen. The most extreme examples in this respect are the blood stream forms of the African pathogenic trypanosomes such as *Trypanosoma gambiense* or *T. rhodesiense*. They die within a few minutes when kept *in vitro* in the absence of a utilizable carbohydrate, and it has been found that only few compounds, such as glycerol can effectively replace glucose, the normal substrate. It is evident that these flagellates survive in nature by utilizing the blood sugar of the host. Among multicellular parasites, the tapeworms may be mentioned here; they depend largely for their survival on the dietary carbohydrates of the host. It is a curious fact that despite their need for carbohydrate, the spectrum of carbohydrates utilized by most cestodes is quite narrow and in many cases limited to glucose and galactose (Read and Rothman [22], 1958). Glycerol also is utilized readily *in vitro*, but whether it can replace dietary carbohydrates during growth *in vivo* has not yet been established.

Blood parasites, such as the trypanosomes, malarial parasites, or schistosomes, live in surroundings which provide a constant supply of carbohydrate. Thus, they have little need to build large reserves of carbohydrate in the form of polysaccharides. In contrast, intestinal worms usually have only an intermittent supply of food. Most worms contain large quantities of glycogen which can amount to more than 50 percent of their dry weight (*Ascaris*, tapeworms). Evidently, such stores can allow the worms to survive starvation periods when lack of food intake by the host temporarily eliminates the exogenous source of carbohydrate. Hookworms, on the other hand, have a fairly low glycogen content, but are only an apparent exception to the above rule. Although they live in the intestinal lumen, their bloodsucking habits make them closer related physiologically to tissue parasites than to worms inhabiting the intestinal lumen.

The question is often asked whether the carbohydrate absorption of parasites, and indeed their general food consumption, is high enough to damage or to kill the host by starvation. The impact of food robbery on the economy of the host has been assumed to be severe, but frequently adequate proof is lacking. Thus, it has been claimed that the blood-stream forms of the African pathogenic trypanosomes consume so much sugar that the liver of the host cannot maintain the normal blood sugar level, that eventually the strain on the liver would lead to a complete breakdown of liver function and death of the animal. It is true that in the terminal stages of trypanosomiasis the blood sugar falls to abnormally low levels. This, however, cannot be due to a total exhaustion of the carbohydrate reserves of the host tissues, since a normal level is rapidly restored once the trypanosomes are eliminated by drug action, even if the host is kept starving. It is more likely that the elaboration of physiologically active substances which, for the lack of a better term, can be named toxins, is responsible for the damage sustained by the host. It also should be realized that the ratio of parasite weight to host weight in the great majority of the cases is such as to preclude induction of a state of starvation in the host even when the rate of food consumption by the parasite is extraordinarily high. Another important consideration is the fact that the endproducts of parasite metabolism are incompletely oxidized compounds which still contain a major proportion of the caloric value of the original food substances. It has now been proven that the endproduct of trypanosome fermentation, pyruvic acid, is readily utilized by the host tissues and the nature of the endproducts of other parasite fermentations indicates that the same situation prevails in other cases. This clearly shows that the host loses only those relatively few calories that energetically differentiate the parent substrate from the endproducts of a given fermentative reaction. It seems unlikely that the withdrawal of carbohydrate, lipid, or proteins is severe enough to mortally damage the host.

Another and entirely different question is whether the withdrawal of some micro-constituent of the host's diet can be pathogenic to the host. At least one well documented case exists which suggests this. It has been shown that the absorption of vitamin B_{12} by *Diphyllobothrium latum* is high enough to be a major cause for the appearance of the pernicious type anemia encountered relatively frequently in carriers of this tapeworm (von Bonsdorff [23], 1956). It is to be anticipated that future research will reveal more such cases. On the other hand, it is interesting that excretions and secretions of parasites can be advantageous for the host. It is certain that termites utilize the endproducts of the cellulose metabolized by their intestinal protozoa and indeed require this source of food; defaunated termites die of starvation even when eating wood ravenously. More recently it has been shown that the increased growth of rodents infected with the larvae of the tapeworm *Spirometra mansonoides* is connected with an insulinlike activity originating in the parasites.

INTERMEDIATE CARBOHYDRATE METABOLISM. — The fermentative use of carbohydrate by vertebrate tissues uniformly leads to lactic acid as the endproduct, whereas the diversity of bacterial fermentations results in the formation of a great number of compounds. In this respect, animal parasites are intermediate between these extremes. A few parasites exist which produce only, or at least predominantly, lactic acid. Examples are *Plasmodium gallinaceum* among the protozoa, and *Schistosoma mansoni* or *Dirofilaria uniformis* among helminths. However, in many parasites and actually in the majority of the protozoa and worms studied so far, lactic acid is from a quantitative standpoint, only a minor endproduct and may be entirely absent. Instead a large variety of compounds, mostly acidic in nature, are excreted. For example, the bloodstream forms of the African pathogenic trypanosomes are deficient in lactate dehydrogenase. Under aerobic conditions, their sugar degradation ceases at the pyruvate stage and this acid is eliminated in surprisingly large amounts by the flagellates. Under anaerobic conditions, less pyruvic acid is produced, but under such conditions glycerol is formed and excreted. A possible explanation for this metabolic sequence is that trypanosomes are unable to reduce pyruvic acid to lactic, acid, and hence must have developed another way of reoxidizing the reduced form of diphosphopyridine nucleotide formed during triose oxidation; a process essential for the continous functioning of glycolysis. In trypanosomes, glyceraldehyde phosphate serves as hydrogen acceptor for the reoxidation of DPNH. This then leads to phosphoglycerol from which glycerol is liberated by the action of a phosphatase.

Especially interesting is the fact that several intestinal nematodes

produce as endproducts of carbohydrate utilization a variety of volatile fatty acids, under both aerobic and anaerobic conditions. The chain length of these acids varies from C_2 to C_6 and the situation is complicated by the fact that some forms produce more than one isomer of the C_5 and C_6 acids. *Ascaris lumbricoides* thus forms three C_5 acids, *n*-valeric, α-methylbutyric, and cis-α-methylcrotonic (tiglic) acid, while *Trichinella spiralis* larvae, or adult *Trichuris vulpis* produce only *n*-valeric acid. In the past, there was doubt whether the volatile acids were produced by the worms themselves, or by contaminating bacteria. These doubts have been proved unfounded, since *Ascaris* specimens made axenic by means of antibiotics produced the same volatile acids in great quantities (Epps et al. [24], 1950). Furthermore, the pathways of their formation have been elucidated in recent years. For example, the carbon chain of α-methylbutyric acid is produced by a condensation of the carboxyl carbon of acetate with the α-carbon of propionate.

Another acid often formed by parasites is the dicarboxylic acid, succinic acid. It is produced by many parasitic protozoa and helminths, and frequently, as exemplified by the tapeworms, much greater amounts are formed anaerobically than aerobically. The presence or absence of environmental oxygen, however, is not the only factor involved. Another important environmental variable is the availability of carbon dioxide. The bloodstream form of *Trypanosoma congolense* excretes only traces of succinic acid when maintained in the absence of environmental carbon dioxide, but it produces large amounts when that gas is provided. Evidently, in this flagellate, as in several other parasites, the process of succinic acid formation involves fixation of carbon dioxide. In these cases the acid is not formed by the forward reactions of the tricarboxylic acid cycle, but by a reversal of some of the terminal reactions. Interestingly enough, in such organisms as the culture form of *Trypanosoma cruzi*, both sequences are active at the same time (Bowman et al. [25], 1963).

Non-acidic endproducts result less frequently from carbohydrate catabolism than do acids. Previous mention has been made of the fact that pathogenic African trypanosomes, when maintained anaerobically, produce large amounts of glycerol. Other compounds are acetoin (acetyl-methyl-carbinol) which is excreted by such worms as *Litomosoides*, *Setaria*, and *Ascaris*, and ethanol which is the most characteristic metabolic endproduct of such lower Trypanosomatidae as *Crithidia fasciculata* and *Strigomonas oncopelti*. In the latter, a sequence resembling that occurring in yeast probably obtains; that is, pyruvic acid is decarboxylated to acetaldehyde which in turn is reduced to ethanol by means of an alcohol dehydrogenase.

Besides the organic endproducts mentioned, most, if not all, parasites also produce gases. The most common one is carbon dioxide.

It must be realized that any carbon dioxide found during *in vitro* experimentation may be of dual origin. It can be true respiratory carbon dioxide; that is, it can be derived from the carbon atoms of an organic substrate that has been metabolized. On the other hand, it can be of inorganic origin, liberated from bicarbonates present in the body of the parasites or in their environment by the acids produced metabolically. For example, the glucose-pyruvic acid sequence characterizing the metabolism of the blood stream form of the pathogenic African trypanosomes leads theoretically to no true metabolic carbon dioxide, but large amounts of carbon dioxide of inorganic origin are produced in experiments with these flagellates. However, small amounts of true metabolic carbon dioxide also are found. They must be derived from some unknown minor metabolic pathway.

It is evident that only the metabolic carbon dioxide should be used in calculating the respiratory quotient. The values reported vary widely between various species of parasites; they range from less than 0.1 to values far exceeding 1.0. The reason for this surprisingly large variation is the persistence of aerobic fermentations which, depending on their nature, influence the respiratory quotient in different, and not always predictable ways. As a consequence, the respiratory quotients of parasites should not be used to draw conclusions on the nature of the substrates metabolized as one can do justifiably in the case of animals which oxidize their food stuffs completely, If, for example, a mammal shows an RQ near unity, it is reasonable to conclude that it metabolized chiefly carbohydrate. In contrast, typical « sugar-consuming » organisms, such as the blood stream form of *Trypanosoma gambiense* and related forms, give RQ values of less than 0.1.

The only other gaseous endproduct besides carbon dioxide given off by some parasites is hydrogen. It is excreted in large amounts by termite flagellates, rumen ciliates and some trichomonads. It is very curious that certain strains of *Trichomonas vaginalis* produce hydrogen while others do not. It is evident that hydrogen is produced only during anaerobiosis, but the pathways involved have not yet been elucidated for any parasite. It should be noted incidentally, that the formation of hydrogen by multicellular parasites has not yet been observed.

The above account, though brief and incomplete, is sufficient to emphasize the point made by Bueding [26] (1962), that biochemical variability, as contrasted to biochemical uniformity, characterizes the metabolism of parasites. One can hope with him that such observations may in the future lead to an insight into evolutionary mechanisms and, one may add, perhaps to a biochemical classification. A hopeful sign in this respect is that the various types of metabolism encountered in trypanosomes agree very well with the generally adopted taxonomic division into groups which were established on morphological and biological grounds.

The biochemical variability alluded to above refers essentially to the various pathways of pyruvate utilization. The formation of pyruvic acid itself generally is a result of the classical Embden-Meyerhof type sequence. Its presence in parasites has been demonstrated in different ways. One line of evidence has been the isolation of the relevant enzymes from a parasite; another one, the demonstration of phosphorylated intermediates of glycolysis within the parasites' tissues, and finally, glucose labeled in various positions has been offered certain parasites and the appearance of radioactivity in metabolic end-products was determined. Such studies have helped to elucidate the pathways of carbohydrate degradation. Excellent evidence for a functional glycolytic sequence, for example, has been obtained for malarial parasites, and for *Echinococcus granulosus* scoleces.

Somewhat less definite information is available concerning the other pathways of carbohydrate utilization known from studies with vertebrate tissues. The evidence for the occurrence of a functional pentose-phosphate pathway is rather scanty. It is probable, however, that this pathway occurs in such organisms as the culture form of *Trypanosoma cruzi*, and *Echinococcus granulosus*, while the evidence is incomplete for *Ascaris lumbricoides* and other parasites studied. It would not be surprising if future research would demonstrate the wide distribution of this sequence, since it is known to be of importance for synthetic processes which are highly developed in parasites.

Another sequence of the greatest importance to aerobic organisms is the tricarboxylic acid cycle. It is of paramount importance because its energy yield is greater than that of the glycolytic sequence, its intermediates are suitable substrates for a variety of synthetic processes, and because it is linked not olny to carbohydrate breakdown, but also to lipid and protein utilization. It is not possible to state categorically whether the classical, mammalian-type, tricarboxylic acid cycle occurs in parasites. The available data must be evaluated with caution. Thus, it would be premature to assume the presence of a full cycle when only a few of the relevant enzymes have been demonstrated, or if it has been shown that only a few of the intermediates can be utilized by a given parasite. However, it would be equally imprudent to negate the presence of the sequence if the search for one or the other enzyme has been negative, or if typical intermediates are not utilized. Examples could readily be given for the fact that some relevant enzymes have been inactivated during isolation, or for the fact that the apparent non-utilization of acid intermediates was owing to unrecognized difficulties of penetration of the added substrates.

On this occasion, it is impossible to present all details of the available evidence. Simply stated, we may conclude that some parasites appear to have the typical Krebs cycle sequence of intermediary metabolism. Examples are the culture forms of most trypanosomidae,

the malarial parasites, small intestinal nematodes, and larval worms such as the scoleces of *Echinococcus granulosus* or *Trichinella spiralis*. On the other hand, it can be assumed with some justification that the cycle is absent in the bloodstream form of the African pathogenic trypanosomes and some trichomonads. Finally, parasites exist in which only an incomplete cycle has been demonstrated. An example of this group is *Ascaris lumbricoides*. In this and related forms, the incomplete sequence is still of considerable importance since it leads to the elaboration of succinic acid.

One more point should be mentioned here. Acids belonging to the tricarboxylic sequence are often excreted by parasites, necessitating auxiliary mechanisms without which the cycle would soon come to a complete standstill. Carbon dioxide fixation is one such mechanism. It is now evident that the excretion of tricarboxylic acid cycle intermediates must be based on the relative activity of the enzymes leading to the production of these acids, and to the activity of enzymes which transform these compounds into the next one in the sequence. It is unknown at present whether quantitative enzyme deficiencies are involved, or whether there are regulatory processes which restrict the activity of certain enzymes. It is certainly curious that succinic acid is often excreted in large amounts by many parasites, even though the succinate dehydrogenase activity of these same parasites can be very pronounced when investigated with homogenates. This may indicate the functioning of regulatory mechanisms linked to the intactness of cellular organization.

Some enzymes of the glycolytic or tricarboylic acid sequence have been partially purified and studied in detail. It has been established that an enzyme showing the same catalytic activity can differ in physico-chemical properties between various parasites or between parasite and host. It will be possible to mention here only a few examples. The aldolase of *Trypanosoma cruzi*, and probably also that of other trypanosomes, is not metal-activated, nor is that of the larval tapeworm, *Taenia crassiceps*. Both enzymes differ with respect to pH optima and Michaelis-Menten constants. The aldolase of *Trichomonas vaginalis*, on the other hand, is activated by ferrous and cobaltous salts. Subtle chemical or physical differences between parasite and host enzymes have been demonstrated also by an elegant serological procedure developed by Bueding [27] (1954). He isolated rabbit lactate dehydrogenase and immunized a rooster with it. The serum of this animal then inhibited the mammalian enzyme strongly, but did not interfere with the lactate dehydrogenase of two schistosome species.

It is obvious that the occurrence of chemical differences between the same enzyme from different organisms has profound implications for the understanding of the action of chemotherapeutic drugs. On this basis, is it possible to understand why a drug which inhibits a sequence

vital to both parasites and hosts can still be of use in chemotherapy. Evidently, in such cases, the parasite enzyme is more susceptible to the inhibitory action of the drug than the corresponding host enzyme. It would, however, be an oversimplification to assume that such a situation exists in all cases, since other possibilities exist. Thus, the sequence interrupted by a given drug can be of vital importance to the parasite, but need not be so for the host, if an alternate metabolic route is or becomes available. Such a situation may well prevail when the parasite is a metabolic « specialist ». The bloodstream forms of the African pathogenic trypanosomes thus die in a few minutes when deprived of sugar, either by starvation or when their glycolytic sequence is interrupted by an arsenical. The host cell, on the contrary, is not limited to sugar degradation for the production of energy, but also can effectively utilize lipids or proteins. Still another possibility is that the absorption of a given drug may differ between parasite and host. Finally, it is known that several drugs become active only after having undergone chemical change. Pentavalent arsenicals, for example, become effective trypanocidal agents only after having been transformed into trivalent compounds. While such a transformation undoubtedly occurs in the host tissues, the possibility that it occurs at a faster rate within the parasite cannot be excluded. Furthermore, it should be realized that the various possibilities outlined above can exist simultaneously, emphasizing the complexity of the situation. No wonder then that our understanding of drug activity in parasitic diseases so far is limited to relatively few compounds. It can be expected that further work will reveal additional mechanisms.

Lipid Metabolism. — In contrast to the many data available on carbohydrate metabolism of parasites, is the paucity of information concerning their lipid metabolism. It has been established that parasites contain the same general classes of lipids as free-living animals; e.g., neutral fats, phospholipids, glycolipids, and sterols. But the nature and fate of the various compounds is known only imperfectly, partly because the modern tools of lipid analysis, such as thin layer and gas chromatography have been used in parasitology only in very recent years. A few of the more interesting findings may be mentioned briefly.

A curious situation emerges from studies concerning the sterols of trypanosomatidae. These were originally reported to consist either of cholesterol or ergosterol. The most recent investigations appear to indicate that either of these two compounds can predominate depending on the type of organism studied, and the medium on which it was developed. It seems probable that cholesterol predominates in the bloodstream form of the African trypanosomes and in the culture form

of *Trypanosoma cruzi* when the latter is grown on a cholesterol-containing medium. Ergosterol, on the other hand, seems to be the main sterol, when cultured flagellates of other species are studied. It seems possible that these parasites cannot synthesize cholesterol, but that their ergosterol-synthesizing capabilities are inhibited when they have a chance of absorbing cholesterol from the environment. Pointing into this direction especially is the finding that the bloodstream form of *Trypanosoma rhodesiense* contains mostly cholesterol, while in the culture form, ergosterol predominates.

Ergosterol is a compound synthesized in non-parasitic organisms chiefly by members of the vegetable kingdom. The question then can be raised whether the presence of this compound in trypanosomatidae is of phylogentic significance. It would be premature to try to answer the question but there exists at least one other observation which may indicate a connection between trypanosomatidae and plant-like ancestors. It is the finding that the culture form of *Leishmania enrietti* contains α-linolenic acid, since this form of linolenic acid was heretofore believed to be characteristic only of chlorophyll-containing higher and lower plants (Korn and Greenblatt [28], 1963).

Another interesting situation concerns the non-saponifiable lipids of such nematodes as *Ascaris lumbricoides* and *Parascaris equorum*. The relevant fraction contains sterols, and a large proportion of three different but related glycosides which received the name « ascarosides ». These contain the same carbohydrate moiety but different aglycones which are either a secondary mono-or di-alcohol. Of special interest is the hexose involved, since it is a carbohydrate never before observed in nature. It has been identified as 3,6-dideoxy-L-mannose, and is now known under the name « ascarylose » (Fouquey et al. [29], 1959). The ascarosides occur in the muscle and the cuticle of female ascarids, but have also been found in males. They reach their greatest concentration in the eggs. They undergo certain chemical changes during development of the eggs and are used, after fertilization, to form an important part of the vitelline membrane. The well-known extreme resistance of nematode eggs to many extraneous influences probably is due largely to the protective action of the lipid membrane. The ascarosides contribute about 77 percent of these lipids.

Considerable uncertainty exists concerning the significance of higher fatty acids in trematodes and cestodes. When histological sections of *Fasciola hepatica* are treated with lipid stains, the entire excretory system is found filled with lipid droplets and the actual excretion of this « fat » can be demonstrated both morphologically and chemically. Corresponding observations have also been reported for several other trematode species; most recently for *Cyathocotyle bushiensis*, but the process is not found in such flukes as *Dicrocoelium dendriticum* or *Clonorchis sinensis*. It has been postulated that the

excreted lipid is an endproduct of a fatty acid fermentation and is derived from the endogenous glycogen stores. If it were justified to assume that flukes and tapeworms behave in an analogous fashion, the correctness of the above interpretation becomes doubtful. Ginger and Fairbairn [30] (1966), using tracer techniques, could find no indication that *Hymenolepis diminuta* transforms dietary glucose or starch, or endogenous glycogen into fatty acids. It should, however, also be remembered that a lipid excretion comparable to that of *Fasciola* has not been reported for this cestode.

It has been shown, on the contrary, that *Hymenolepis* absorbs and assimilates such higher fatty acids, as palmitic, stearic, oleic, and linoleic acids, and also that it readily incorporates acetate into the fatty acids of all major classes of lipids. Jacobsen and Fairbairn [31] (1967), have recently presented evidence indicating that hardly any *de novo* synthesis of higher fatty acids occurs in the worm, but that it is capable of lengthening the chains by incorporation of acetate. It can, for example, transform C_{16} (palmitic) acid into a saturated C_{24} acid.

The biological significance of lipid absorption is rather obscure, since *Hymenolepis* appears not capable of catabolizing lipids to any appreciable extent. On the other hand, it does not obsorb all fatty acids at the same rate and this discrimination, together with the limited synthetic capabilities shown by acetate incorporation may, in Jacobsen and Fairbairn's view, be important in maintaining the species individuality. This may be the reason why the process has been retained during the parasite's evolutionary history, while the ability to synthesize and also apparently to degrade fatty acids has largely been lost.

Loss of Metabolic Pathways. — In the above discussion we have drawn attention to what is probably one of the most characteristic features of parasite metabolism: The loss of certain pathways. This was first emphasized many years ago by Lwoff, and since his original observations, many more examples have come to light. Lwoff [32] (1934) had shown that the hemin requirement of lower trypanosomatidae was due to inability to synthesize protohemin which is needed for their cytochrome system. Recent studies have demonstrated that such enzyme deletions can be even more pronounced. It has thus been shown that the respiration of such parasites as the culture form of *Trypanosoma gambiense* or *Trypanosoma rhodesiense* is cyanide sensitive and mediated by the cytochrome system, although cytochrome c may be absent. Their bloodstream forms, on the contrary, are completely cyanide insensitive and do not contain cytochromes. Similarly, the eggs of *Ascaris*, especially the embryonated ones, contain a func-

tional cytochrome system, but the adult worm does not, even though spectral lines possibly referable to cytochromes are found. In other parasites, the loss of a functional cytochrome system has been only partial; in adult schistosomes, for example, a minor part of the respiration is mediated by it, while the major part is not. Quite evidently then, in such cases the loss of one pathway must be accompanied by the development of other synthetic routes as shown by the fact that alternate systems of terminal respiration have been developed. The reasons behind these changes constitute one of the great riddles of parasite biochemistry.

Other characteristic examples of the loss of biochemical paths can be found in the area of nucleic acid synthesis. Considerable differences occur among trypanosomatidae. It has been shown that *Strigomonas oncopelti* has significant synthetic capabilities (Newton [33], 1957). It can incorporate radioactive carbon from labeled glycine, serine, or guanine into purines, while that derived from acetate, aspartate, glutamate, and uracil specifically labels pyrimidines. Other trypanosomids have narrower synthetic powers. The culture form of *Trypanosoma mega* or the blood stream form of *Trypanosoma lewisi*, for instance, cannot incorporate simple precursors, such as glycine or formate, into purine bases, or in other words, they cannot synthesize the purine nucleus. Similarly, the fact that the culture form of *Trypanosoma cruzi* cannot incorporate C^{14}-orotate into nucleic acid pyrimidines indicates that at least this form of the parasite cannot synthesize the pyrimidine ring.

It is quite possible that the loss of synthetic powers is the basis of the inability of certain parasites to live under natural conditions outside of living cells. Prime examples of such organisms are the malarial parasites or the intracellular stages of coccidia. The experiments of Trager [34] (1957) have clearly demonstrated that the addition of ATP and pyruvate or ADP and phosphoenolpyruvate favors the *in vitro* maintenance of *Plasmodium lophurae* in a red cell extract when the organisms are liberated from the host red cells. It is probable that this parasite lacks at least one enzyme involved in the synthesis of the supremely important ATP. The exact nature of the enzyme deficiency is not yet known; perhaps the synthesis of adenylic acid is not possible. The same parasite also requires an extraneous source of CoA for extracellular *in vitro* mainteance. Again, a synthetic deficiency appears involved and the missing enzyme may be pantothenic acid kinase.

While metabolic deficiencies are characteristic of most parasites, their occurrence should not be interpreted as indicating a generalized failure of synthetic ability. Indeed, in some respects, the powers of synthesis of many parasites are, at least quantitatively, more highly developed than those of free-living animals. Mention should be made

here of the rapidity with which some parasites grow and multiply. To give one example for protozoa: It has been found tha *Trypanosoma equiperdum* increases in sugar-fed rats within 100 hours from about 20 million per ml blood to about 4000 million. Examples for rapid growth can also be found among helminths: *Diphyllobothrium latum* is reported to grow in dogs from the 15th to the 30th day after infection at an average daily rate of 61.5 mm. Furthermore, the wellknown handicaps endoparasites encounter in completing their often complicated life cycles have led, as known for many years, to a production of reproductive cells in amounts far surpassing those formed by their free-living relatives. This, evidently reemphasizes the often tremendous rate of protein synthesis in these parasites. Again only one example can be given here. It has been estimated that the weight of the eggs and accompanying secretions produced by one female *Ascaris lumbricoides* in 24 hours corresponds to about 10 percent of the worm's total body weight; a truly impressive figure.

Protein Metabolism. — The simplest nitrogenous compound used by parasites for protein synthesis is ammonia. Reductive amination of ketoacids has been observed both in tapeworms and in roundworms. In the case of *Ascaris* ovaries, the production of alanine and aspartic acid by this pathway has been demonstrated, and quantitative considerations led to the conclusion that reductive amination may be of biological significance in this organ.

Much more common of course is the utilization of organic nitrogenous compounds, such as amino acids. Parasites can acquire them in different ways. Those without an alimentary canal, such as the trypanosomes or tapeworms, rely entirely on substances that have been prepared for absorption by the action of the host's digestive enzymes directly, as in the case of intestinal contents, or indirectly, as in the case of blood plasma. Parasites lacking an alimentary tract rarely, if indeed ever, secrete true digestive enzymes into the environment. Digestive enzymes found in homogenates of these parasites, such as lipases or proteases, serve as tissue enzymes; that is, they are involved in the transformation of compounds or are concerned with their movement within the body, rather than with absorption from the environment. On the other hand, parasites with an alimentary tract, such as nematodes, usually have a fairly extensive complement of digestive enzymes in the true sense of the word. Sometimes it is more a matter of semantics whether an enzyme is referred to as tissue enzyme or as digestive enzyme in the restricted sense. Such is the case when a malaria parasite digests erythrocyte material which it had acquired by pinocytosis.

Just as in the case of free-living animals, the dietary amino acids

of parasites can be divided into non-essential and essential ones. As the name indicates, the non-essential amino acids do not have to be present in the diet; they nevertheless are regularly found as constituent parts of the animals proteins and thus it is obvious that they can be synthesized. The interconversion of amino acids has been studied repeatedly; as an example it may be mentioned that *Strigomonas oncopelti* can utilize C^{14}-labeled glutamic acid for the synthesis of 12 amino acids, especially arginine and proline.

Little is known about the biochemical mechanisms by which parasites synthesize non-essential amino acids. Besides the reductive amination mentioned above, only transamination has been studied to some extent. Enzymes catalyzing the transfer of an amino group from one amino acid to a keto acid, a process giving rise to another amino acid and another keto acid, have been found both in parasitic protozoa and helminths. The spectrum of substances serving as amino group donors in such transamination reactions as the conversion of pyruvic acid to alanine is fairly wide, especially in protozoa.

Essential amino acids, in contrast to the non-essential ones, have to be provided in the diet, since they cannot be synthesized by the organism itself. So far, few studies have been conducted that would rigorously prove which amino acids are essential. The reason for this paucity of information is that convincing data can be obtained only when parasites are grown axenically in a chemically defined medium. This has been done only in rare cases since many parasites require for their well being the addition of such complex ingredients as serum or embryo extract. However, a few protozoa have been cultivated under conditions fulfilling the above requirements and it has been found that the amino acid requirements vary from species to species. *Crithidia fasciculata* requires 10 amino acids, *Leishmania tarentolae* 15, *Trichomonas foetus* 12, but *Strigomonas oncopelti* only a single one, methionine. There is, however, some question whether this last finding really represents the true synthetic capabilities of the organism. It has been reported that a curious structure present in this particular flagellate, the so-called « bipolar body » in actuality may be an endosymbiont. This view finds support in the observation that after experimental elimination of the symbiont, the flagellates are not able to synthesize lysine by the same pathway as before.

Nitrogen-containing substances are used not only for syntheses, but they also can be degraded in order to obtain energy. This has been shown especially for some aerobically maintained parasitic protozoa, whereas a demarcation between catabolic and anabolic protein utilization is more difficult in the case of anaerobically maintained protozoa, and of helminths under either environmental condition. At any rate, a number of substances are eliminated by parasites that can be attributed to the utilization of proteins or nucleic acids. It must

be stressed, however, that the recovery of nitrogenous substances from a medium in which parasites having an intestinal tract had been kept, does not necessarily prove that they were derived from the actual intracellular utilization of nitrogen containing substrates. They usually are composite between such endproducts, fecal material, and regurgitated half-digested food. In incubates of *Fasciola hepatica*, for instance, such compounds as hemoglobin, coagulated proteins, albumoses, and peptones are found. It can be considered as certain that they do not represent true metabolic endproducts, but are derived from the other sources mentioned above. Furthermore, it should be kept in mind that even in the case of parasites lacking an intestinal tract, spurious «metabolic end-products» can appear in the incubation media; for example, substances lost through the orifices of the sex organs or various glands. A critical approach to this problem is essential.

On the other hand, there can be no reasonable doubt that the appearance of ammonia, urea, or uric acid in the medium indicates the breakdown of nitrogenous substances during metabolic reactions. The production of ammonia is especially widespread, both among protozoa and helminths and this emphasizes an important point in the biology of parasites. Ammonia is a potent cell poison and in free-living terrestrial animals it is detoxified, usually by being transformed into urea, while free-living aquatic animals can easily dissipate and dilute any toxic substance eliminated by excretion. In this respect, the great majority of parasites must be compared to aquatic animals rather than to terrestrial ones; they live in more or less fluid and constantly changing environments which rapidly dilute any excreted material. In this context, experiments by Cavier and Savel [35] (1954) on *Ascaris* are of special interest. If they kept the worms *in vitro* in large amounst of fluid, ammonia accounted for 70 percent of the excreted nitrogen and urea for about 7 percent. If they confined the worms to narrow tubes the ammonia excretion fell by more than 50 percent, while the urea production rose sharply, accounting now for 51 percent of the excreted nitrogen.

It should be noted that the excretion of urea has not yet been reported for any parasitic protozoon, but is fairly common among helminths. It is probable that it is produced by the same type of Krebs-Henseleit cycle as found in higher animals, or at least an approximation of it, although it should be emphasized that a strict proof for a functionally complete cycle has not yet been reported.

Uric acid is excreted in relatively small amounts by some trematodes and cestodes, and only traces are found among the excreta of nematodes. Since it can be assumed that the latter still metabolize purines it is likely that they degrade these compounds farther. There is some indication that nematodes, especially young specimens, can degrade purines to ammonia, a process which may involve the action of such enzymes as uricooxidase, allantoinase, and allantoicase.

Two more groups of substances are encountered among the excreta of nematodes which deserve special mention; these are amines and amino acids. The larvae of *Trichinella spiralis* eliminate eleven amines and ten amino acids. The amines unquestionably originate from amino acids through decarboxylation. Decarboxylase activity has been observed in several helminths and there is therefore little mystery concerning the mode of formation of these compounds. The true mystery, however, is why these substances, which potentially could be metabolized further, are excreted. Similarly, there is no explanation for the question why such useful compounds as amino acids should be eliminated rather than be used in either catabolic or anabolic reactions. It must be stressed, however, that the loss of such acids from the body is not limited to parasites. Similar observations have been reported for some crustacea, cephalopods or echinoderms. As Baldwin pointed out years ago, it is not possible at the present state of our knowledge to decide whether the phenomenon indicates a simple leakage of important substances from the body, or whether some metabolic defect is involved.

FINAL REMARKS. — We have now reached the end of our survey through the field of parasite physiology and biochemistry. Obviously, we could only skim over the surface of many areas and some were not mentioned at all. Thus, we could have described the nutritional and growth requirements of parasites in detail, or the chemical host-parasite relationships, or we could have emphasized the relations between individual antiparasitic drugs and the metabolism of the parasites, to mention just a few aspects in which active research is being pursued at the present time. I do believe, however, that the above account is detailed enough to give a general idea of the problems encountered by the parasite biochemist and to show that a very large number of problems is open for investigation. Many problems will have to be solved before we can claim to understand the problem of parasitism from a physiological and biochemical standpoint.

Bethesda, National Institutes of Health.

TH. VON BRAND

REFERENCES

[1] BERNARD CL. - Compt. Rend. Soc. Biol. Ser. 3, *1* : 53, 1859.
[2] LUECKE A. - Arch. Path. Anat. *19* : 189, 1860.
[3] HEINTZ W. - Jena. Ann. Physiol. Med. *1* : 180, 1850.
[4] BUNGE G. - Ztsch. Physiol. Chem. *8* : 48, 1883 and *14* : 318, 1889.
[5] WEINLAND E. - Ztsch. Biol. *42*, 55, 1901.
[6] BUETSCHLI O. - Ztsch. Biol. *21*, 603, 1885.
[7] MAUPAS E. F. - Compt. Rend. Acad. Sci. Paris *102* : 120, 1886.
[8] PANZER T. - Ztsch. Physiol. Chem. *73* : 109, 1911 and *86* : 33, 1913.
[9] SMITH G. - Quart. J. Micr. Sci. *57* : 251, 1911 and *59* : 267, 1913.
[10] SCHWAB K. L. - Die Oestriden, Bremsen der Pferde, Rinder und Schafe. Muenchen, 1858.
[11] PRENANT L. A. - Arch. Anat. Microsc. *3* : 293, 1900.
[12] VANEY E. - Ann. Univ. Lyon, Fasc. *9*, 1902.
[13] VON KEMNITZ G. A. - Ztsch. Biol. *67* : 129, 1916.
[14] KROGH A. - *The respiratory exchange of animals and man.* Longman, Green and Co. London, 1916.
[15] VON BRAND T. and MEHLMAN B. - Biol. Bull. *104* : 301, 1953.
[16] KMETEC E. and BUEDING E. - J. Biol. Chem. *236* : 584, 1961.
[17] VERNBERG W. B. and HUNTER W. S. - Exptl. Parasitol. *11* : 34, 1961.
[18] VERNBERG W. B. and VERNBERG F. J. - Comp. Biochem. Physiol. *14* : 557, 1965.
[19] VON BRAND T. and ALLING D. W. - Comp. Biochem. Physiol. *5* : 141, 1962.
[20] HEMMINGSEN A. M. - Rept. Steno Mem. Hosp. Nord. Insulin Lab. *9*, Part. II., 1960.
[21] ZEUTHEN E. - Quart. Rev. Biol. *28* : 1, 1953.
[22] READ C. P. and ROTHMAN A. H. - Exptl. Parasitol. *7* : 217, 1958.
[23] VON BONSDORFF B. - Exptl. Parasitol. *5* : 207, 1958.
[24] EPPS W., WEINER M. and BUEDING, E. - J. Infect. Diseases *87* : 149, 1950.
[25] BOWMAN I. B. R., TOBIE E. J. and VON BRAND T. - Comp. Biochem. Physiol. *9* : 105, 1963.
[26] BUEDING E. - Fed. Proc. *21* : 1039, 1962.
[27] BUEDING E. - In: E. Racker (Edit), Cellular metabolism and infection. Academic Press, N.Y., pp. 25-34.
[28] KORN E. D. and GREENBLATT C. L. - Science *142* : 1301, 1963.
[29] FOUQUEY C., POLONSKY J. and LEDERER E. - Bull. Soc. Chim. France 1959 : 803.
[30] GINGER C. D. and FAIRBAIRN D. - J. Parasitol. *52* : 1097, 1966.
[31] JACOBSEN N. S. and FAIRBAIRN D. - J. Parasitol. *53* : 355, 1967.
[32] LWOFF A. - Zbl. Bakter. Abt. I. Orig. *130* : 498, 1934.
[33] NEWTON B. A. - J. Gen. Microbiol. *17* : 708, 1957.
[34] TRAGER W. - Acta Tropica *14* : 289, 1957.
[35] CAVIER R. and SAVEL J. - Compt. Renc. Acad. Sci. Paris *238*: 2448, 1954.

SCIENCE, HUMANISME ET TIERS-MONDE

L'esprit de renouveau résultant du non-conformisme, caractéristique de la Renaissance, a été la force motrice du progrès scientifique, culturel et matériel de la civilisation moderne. L'auteur examine la situation dramatique des peuples sous-développés et affirme que le trait fondamental de cette fin de siècle est un phénomène social: ce sont les revendications inéluctables des peuples qui ne se résolvent pas à la faim, à la misère, à la stagnation, alors que les peuples qui se disent privilégiés (mais qui ne le furent pas toujours) savourent et dissipent les profits de la science, de la culture et de la civilisation. L'auteur conclut: «Notre jeunesse ne peut abandonner le postulat et l'acte de foi indispensable: la possibilité de développer sur son propre sol, la science, la technologie, la culture dans toutes ses dimensions, la lutte de libération pour que ces idéaux soient atteints».

C'est dans la seconde moitié du XVe siècle que débuta la Renaissance dans l'histoire de la civilisation occidentale. Au sortir du Moyen-Âge - caracterisé pendant près de mille années par de faibles transformations sociales et culturelles - la civilisation européenne voit éclore une ère de découvertes et de transformations rapides, avec l'apparition presque simultanée d'hommes de génie dans les divers domaines de la pensée créatrice. Tandis que certains ouvraient de nouveaux horizons aux arts et aux lettres, d'autres procédaient à l'exploration du monde et découvraient de nouveaux continents.

Les noms de Léonard et d'Erasme, de Dürer et du Titien, de Raphael et de Michel Ange, de Palestrina, de Cervantes et du Greco - parmi tant d'autres - se suivent à brefs intervalles et auréolent cette période. À côté de l'utilisation des manuscripts classiques, retrouvés, et du corps humain comme source d'inspiration artistique et d'études anatomiques, il faut considerer comme fondamentale pour la Renaissance, la formulation de la théorie de Copernic qui révolutionna la conception de l'univers léguée par le Moyen-Âge. Les travaux développés par Tycho Brahe, Galilée et Kepler à la fin de la période de la Renaissance proprement dite, constituent comme on sait, les fondements sur lesquels s'est édifiée la connaissance scientifique moderne.

Ce n'est pas ici le lieu de discourir sur l'évolution de ces idées depuis la Renaissance jusqu'à nos jours. J'aimerais cependant souligner l'importance essentielle qu'eut, dans cette évolution, l'esprit de renouveau résultant du non-conformisme et de l'attitude critique de l'homme devant les choses, caractéristiques de cette époque. D'une par on remarque les travaux sur les principes de la Mécanique et la structure du système solaire qui donnèrent à Newton, au milieu de XVIIe siècle, les bases pour la construction de la Physique et des Mathématiques, permettant l'éclosion de la méthode scientifique moderne.

Et de l'autre, le même esprit non-conformiste fut le souffle qui donna lieu à la Réforme commencée par Luther et Calvin et qui fut à l'origine d'une profonde scission de la chrétienté - scission que l'Église Catholique rajeunie depuis Jean XXIII, en se tournant vers le peuple, tente aujourd'hui de surmonter. D'un côté, nous enseigne l'Histoire, la substitution graduelle de l'autorité dogmatique des religions par les évidences mises à jour au moyen des découvertes et démonstrations scientifiques; de l'autre, le ferment révolutionnaire insufflé à la civilisation occidentale par la Réforme Protestante.

Ce n'est pas moi qui oserait, ni aurait le mauvais goût, de sous-estimer l'importance fondamentale pour quelque civilisation, pour quelque communauté humaine que ce soient, des chefs d'oeuvre littéraires et philosophiques, de la richesse des arts - de toute forme d'art - sans lesquels serait certainement impossible la survivance des civilisations et des cultures que nous connaissons et que nous désirons. C'est une vérité aujourd'hui élémentaire que la découverte de la méthode scientifique a contribué de manière singulière aux transformations qui se sont faites dans les cinq derniers siècles de notre humanité. A partir de XIXe siècle, grâce à l'utilisation de l'énergie mécanique, de l'énergie électrique, des moteurs à combustion interne, des nouvelles formes d'énergie et de leurs transformations, le développement industriel a pris un rythme toujours plus accéléré, fondé sur les recherches et les inventions technologiques, inséparables des investigations scientifiques. Il est important de remarquer qu'au siècle dernier, en même temps que se réalisait un saut dans l'évolution de la civilisation occidentale avec le processus d'industrialisation, Karl Marx, dans un autre domaine, observait les phénomènes sociaux qui accompagnèrent le début de l'industrialisation et formulait une théorie économique et politique - les principes d'une dynamique sociale - qui détermina une profonde scission dans la structure politico-sociale de toutes les sociétés humaines.

Nous sommes actuellement, cinq siècles après la Renaissance Italienne, en pleine phase de transformations, accélérée par la science, et d'effervescence sociale d'une grande partie de l'humanité - si non de sa totalité. Nous ne savons pas si le chemin que suivent actuellement les nations riches et su-développées du monde, chez lesquelles on essaie de dominer l'opinion publique par de nouveaux moyens de propagande pour justifier certaines applications technologiques de la science — nous ne savons pas si ce chemin conduira les peuples du monde à la liberté dont ont toujours rêvé et rêvent ses grands et légitimes leaders.

Nous voici à la veille du XXIe siècle et l'on ne sait pas encore comment résoudre le grand problème de la division de l'humanité en une minorité riche et puissante, et une majorité pauvre, spoliée et dépourvue de moyens pour atteindre le stade de civilisation moderne. Nous devons reconnaître qu'à cette division, à cette séparation

entre peuples cultivés et civilisés (ou pour le moins consommateurs des produits les plus raffinés) et peuples pauvres et incultes, pauvres mais pas toujours incultes — comme celui du Vietnam, doté d'ingéniosité et de sagesse, d'un esprit de résistance et d'héroisme qui édifie l'espèce humaine — à cette séparation donc la science — ou plutôt l'application de la science — a largement contribué. Car la science est neutre — au moins les sciences exactes et celles de la nature — en ce sens qu'elle n'impose pas de règles pour l'utilisation des résultats rencontrés dans les laboratoires et dans les cabinets d'étude. La science cherche l'interprétation et les corrélations entre les processus qui se produisent dans l'univers, à toutes les échelles, depuis la structure cosmologique de l'espace physique jusqu'à la description des particules fondamentales de la matière. Elle cherche à comprendre les mécanismes de la vie, la constitution, l'origine et l'âge des astres, elle édifie des théorèmes mathématiques sur des postulats qui se suffisent à eux-mêmes en leur cohérence logique, leur pouvoir de suggestion et d'intuition créatrice. Mais la découverte d'une nouvelle forme d'énergie, de nouveaux mécanismes électroniques, peuvent être utilisés tant pour le bien de l'homme que pour sa destruction. Bref, la science est souvent appliquée en un sens contre lequel on sent impuissante ou baillonnée, l'opinion publique mondiale.

Nous avons le sentiment que, bien qu'on parle beaucoup d'humanisme, de civilisation chrétienne, de valeurs humaines à préserver, ces idéaux ne pourront être atteints sans une utilisation humaniste de la science et de la technologie, et encore moins avec la destruction massive de peuples qui ont une autre conception du monde, mais auxquels on désire imposer — avec l'arrogance brutale dont est capable la technologie moderne — de valeurs ou systèmes qui ont été inventés en d'autres secteurs géographiques et humains.

En réalité, après la découverte des nouveaux continents au XVIe siècle, on a implanté un système d'exploitation des richesses et des ressources des nouvelles régions; on a accepté comme normale la théorie de la colonisation et même de la destruction des peuples qui les habitaient, pour le plus grand enrichissement des peuples développés. La domination de ces régions, ainsi que de celles qui furent le berceau des antiques civilisations d'Asie et d'Afrique du Nord mirent des siècles à être abolies, par ceux-là même qui promulguèrent l'humanisme. Ce n'est que dans la seconde moitié de notre siècle que se manifesta la détermination de liberté des peuples moins développés d'Afrique, d'Asie, d'Amérique Latine, alors en statut colonial ou para-colonial.

Cette seconde moitié du XXe siècle nous révèle, d'autre part, un développement scientifique avec ses applications technologiques sans précédents, qui contribue à élargir la distance qui sépare l'économie des peuples développés de celle des peuples sous-développés ou en voie de développement.

Sera-t-il possible de trouver une solution pour que puisse croître en tous les peuples du monde la culture sous toutes ses formes, la science, la technologie? Ces objectifs pourront difficilement être atteints sans que les peuples moins développés ou opprimés trouvent eux-mêmes, les formes, les modes et les moyens de réaliser leur propre développement, de conquérir leur liberté politique et économique. Cela est-il possible dans le monde où nous vivons? Sera-t-il possible d'établir un jour une coopération scientifique internationale, comme la science contemporaine l'exigerait, pour le progrès de tous, le développement généralisé de tous les peuples, sur la base d'un inter-échange culturel profitable, d'un commerce mondial sans injustices? Car la science est partie intégrante de l'humanisme, un des fruits de l'esprit non-conformiste et de la rénovation qui a débuté à l'époque de la Renaissance. La science est universelle. Mais les activités des scientifiques, des institutions scientifiques et des universités, sont stimulées par les besoins économiques et sociaux de pays auxquels elles appartiennent, et en conséquence les résultats de ces activités profitent au développement de ces mêmes pays.

Des forces sociales et politiques associées aux intérêts économiques de groupes ou de pays empêchent l'universalisation des recherches scientifiques et des profits de la technologie. Les termes du commerce international — il ne sera jamais excessif de le répéter — sont imposés par les nations puissantes et empêchent que les pays sous-développés obtiennent les moyens d'accomplir leur économie propre, d'élever leur niveau culturel, d'industrialiser leurs richesses naturelles. Ainsi les pays sous-développés sont obligés d'exporter leurs matières premières à l'état brut, à des prix qui en général fluctuent au désavantage des pauvres.

C'est en 1960 que l'Organisation des Nations Unies décida de consacrer les dix années à venir à un effort exceptionnel pour stimuler le développement des peuples moins favorisés. La période 1960-1970 fut appelée la « Décade du Développement ». Pendant les cinq premières années l'UNESCO a utilisé environ 20 millions de dollars pour le développement de la science dans le monde entier. Cette somme représente la dépense approximative des Etats-Unis pour les bombes — et seulement pour les bombes — lancées aux Vietnam du Nord en une semaine, les dépenses totales de ce pays en actions militaires étant, par mois, de l'ordre de presque trois milliards de dollars!

Quand pourrons-nous dire que l'on cherche à résoudre ces graves problèmes, sources de l'instabilité politique des nations sous-développées, liées à la structure anachronique de leurs universités, à leur fragilité culturelle, au manque de debouchés pour les scientifiques et les techniciens et le haut pourcentage de l'analphabétisme? Serait-ce que les scientifiques et humanistes du Tiers-Monde doivent ignorer ces questions? Devrions-nous nous réunir pour discuter seulement

du mystère de Shakespeare, ou des progrès récents de la physique des hautes énergies, ou de l'aspect neutre de la science, quand nos frères, quand tant d'êtres humains ne peuvent maintenir une vie compatible avec la dignité humaine? Devons-nous laisser de côté, pour toujours, ces problèmes, croyant à tort que les autres peuples — gouvernements et groupes étrangers supposés généreux — les résoudront paternalistement pour nous? La réponse est claire et sans équivoque: le développement des communautés, des grandes civilisations comme des grandes découvertes, ne résulte pas de l'adoption d'un état d'esprit conformiste et servile. Ce ne fut pas dans l'attente des autres, du travail des autres, de l'hypothétique aide philantropique des autres peuples, que des nations vraiment sous-developpées il y a cinquante ans, comme l'Union Soviétique, ou cent ans, comme les Etats-Unis, acquérirent les niveaux de progrès que nous connaissons aujourd'hui.

Nous devons certainement faire les études les plus abstraites, les investigations scientifiques et culturelles les plus désintéressées, à côté des recherches appliquées. Nous ne pouvons pas cesser de contempler, de chercher de nouvelles formes du Beau. Mais la caractéristique fondamentale de cette fin de siècle est un phénomène social: ce sont les revendications inéluctables des peuples qui ne se résolvent pas à la faim, à la misère, à la stagnation, alors que les peuples qui se disent privilégiés (mais qui ne le furent pas toujours) savourent et dissipent les profits de la science, de la culture et de la civilisation moderne. Je suis convaincu que chaque génération d'un pays sous-développé doit se doter d'un esprit de non-conformisme plus intense, et de plus d'impatience que celle qui l'a précédée; qu'elle doit étudier, et revendiquer le droit d'étudier et de travailler plus à fond, pour être plus compétente et se trouver à la hauteur du défi que ne cesse de lui lancer, chaque jour qui passe, le monde qui se développe et accroît son pouvoir de subjugation. Notre jeunesse ne peut abandonner le postulat et l'acte de foi indispensable: la possibilité de développer sur son propre sol, la science, la technologie, la culture dans toutes ses dimensions, la lutte de libération pour que ces idéaux soient atteints.

Les hommes de science, les intellectuels de ces pays se doivent de participer à ce non-conformisme. Ou bien nous ne serions pas à la hauteur des responsabilités que nous ont léguées les grands humanistes.

Rio de Janeiro, Université Fédérale, Institut de Physique.

J. LEITE LOPES

ON THE TEACHER'S CREATIVITY

The present article deals with a seldom discussed teacher's creativity which is here treated as being parallel to creativity in other fields of human activities. This type of creativity varies from artistic or technical ones by its specific material. The man being educated is not only the object of creative influence but also the subject of education, which limits the degree of creative freedom. The freedom in question is also limited by numerous standardizing acts which regulate educational processes. Teachers' creativity can be treated as an independent solving of practical problems in education on the part of the teachers in the course of exerting influence upon pupils, which being in concord with definite educational ideals leads to outstanding results. Thus understood teachers' creativity may consist in solving problems connected with selecting contents of instruction - especially with improvement of curricula, textbooks, methods and means of teaching and learning, methods of social - moral education as well as in solving organizational problems of school and education. The article expresses a deep conviction that independent and creative attitude of the teacher himself is the condition of success in developing independence and creative attitude of the youth.

Independent and creative attitude of the teacher himself is the condition of success in developing independence and creative attitude of youth as well as in any kind of modernizing contents, methods, means and organization of didactic-educational work.

This statement is not at all a truism. Contrary, it appears neither in numerous characteristics of the teacher's personality nor in any documents concerning the teacher's work. Besides, our aim is not to put a sidenote that a teacher should be creative, but to bring out this feature in full relief as a significant component of the modern teacher's personality, just as we principally speak about creative elements in the activity of a scientist, a discoverer or an artist. Probably by analogy to this type of creative activity the notion « the teacher's creativity » has been referred to artistic or scientific activity in which teachers often engage. Thus, the teacher who used to paint, sculpture, write verse or novels or carry out systematic research and publish its results was considered a creator. These and similar kinds of activities should, of course, be highly estimated, since teachers as the basic part of the creative intellectuals must participate in general culture-forming processes of the whole society and nation. It is the area and intensity of this participation on which to some extent the estimation and prestige depend that the public opinion gives to the teachers in comparison with other occupational groups. What more, teachers as the main mediators between the national and general human culture and the young generation are in a position to the better fulfil their task, the more they are grown into this world of culture, the greater is their participation in producing cultural values.

In contrast to this creativity, now generally estimated, it is possi-

ble to speak about the teacher's creativity, i.e. the one which is immediately connected with the performance of teaching and educational activities. In fact, numerous authors — Komenski — to begin with the greatest — treated pedagogy or didactics as an art of teaching and upbringing, but none of them was consistent enough to go so far as to assert that the teacher's work is creative. Much, however, has been done to deprive this work of creative elements and to make it similar to handicraft or clerk's duties. Especially great and fruitful in many countries proved to be the efforts of school administration which eagerly undertook the attempts to normalize all the teacher's activities, to provide them with a formal seal, being convinced that it not only facilitates the administration of education but also ensures the best results.

Thus, when we are going to speak about the teacher's creativity to which not only the chosen teachers but every representative of this profession has a right, we encounter a general and effectively actualized tendency going in the opposite direction which apparently does not militate against the creative attitude of the teacher but in fact blocks or even sometimes annihilates it. This tendency appears more and more distinctly in all the countries, although not everywhere with the same intensity. The English scientist Westwood called it « bureaucratization of the role of the teacher » while this element of bureaucratization is connected with the division of functions, with the hierarchy of positions — based on formal agreement and « certain principles of acting that limit the freedom » of the teachers who perform various functions within the school organization.

According to the growth of this hierarchy of positions, which is not so great in Poland there in also a growing range of formalized ways of acting included in rules, regulations and plans of various kinds. In Westwood's opinion certain material degree of bureaucratization of the role of the teacher is indispensable. In our situation it is possible to state the same, first of all as far as differentiating of the roles of teachers is concerned. We should, however, defend ourselves against the excessive blocking of the initiative and the creative attitude of the teachers by rules and regulations coming from above.

Progress going in two directions is indispensable. Since the present state of absolute equality of laws for all the teachers- bad, average, good and very good does not set up motivation that would favour the development of creative abilities, the hierarchy of the teachers' positions should be somewhat enlarged. Beside the positions for executives requiring special qualifications (school supervisor, headmaster, their deputies) the positions of mentor teachers should be gradually individuated. Under the supervision of the latter young teachers would be able to cover a year practice teaching at the beginning of their professional work. Other positions to be formed are those of

expert teachers specialized in methods of teaching particular subjects or in methods of moral, political, social, aesthetic, technical and medical education, experts in didactic media, especially in the newest ones, the use and maintenance of which causes schools much trouble, and finally experts in didactic measurement and in professional consulting.

This type of differentiation of qualifications, i.e. of the teachers' functions and salaries is extremely difficult to attain but indispensable and should in the nearest future become the integral component of our school system in order to liberate the creative powers of the teachers that were up to now insufficiently exploited. This will be achieved by means of forming the perspectives of intellectual and economic promotion. It should be remembered that such areas of our life as economics, technics, art, science and medicine owe their present progress to the similar process of differentiating the standings.

While, however, the bureaucratization of the teacher's role understood non-pejoratively as a differentiating of the teachers' functions may become an important factor of educational progress in our country — further intensification of the normalization, which would minutely fix the directions for the teachers' activity or even, as it already happene in the past, would try to regulate the results of schools' work in percentages — cannot favour this success. Our present central authorities seem to perceive the pernicious effects of too far-reaching regulations but even if they try to oppose them in a radical way, the fight with them will last many years. Obviously in this area regulations are indispensable too, but they are necessary to form the conditions for the teachers' creative work only and not for limiting the process and effects of this work.

Raising the teachers' creativity to the level of scientific, inventory or artistic one we would like to confirm its extraordinary significance — no smaller than that of other types of creativity. As any other type of creativity it has its specific material, its specific laws and principles on which it is based, it also requires specific methods and means. As far as its social significance is concerned, no other type of creativity can equalize to it.

Upbringing consists in forming definite features and characteristics of persons just as sculptoring consists in giving the desired shape to the block of marble or other material and the writing — in forming the substance of the language according to definite, creative intentions. There appear, however, certain significant differences. The material shaped by an artist or an engineer has some relatively constant attributes, while the degree of the creative independence which characterizes the inventory activity is usually rather high, in artistic activity being very high; subject, idea, method and material depend entirely on the creator's invention.

Education is another case. Here man being educated is not only

the object of the educational process but also its subject, the result of which is that not only his attributes as a material become extremely complicated and subject to swift changes but also his motivation proves to be involved. The knowledge of psyche of the average pupil and the ability to act pedagogically is not enough, beside of it concord between the motives of the pupils acting and the motives of the teachers' acting should be brought about. These two sides of pedagogical acting have been discussed in my book « Foundations of Problem Learning » (1964) . Both of them play a significant part in the teacher's creativity. Many teachers, however, forget about the motivational side, so that the results of their work are very often of a doubtful value. The degree of independence is extremely limited in the educational process not only by the fact that factors other than teacher and school influence the pupils, some of them doing it quite effectively, e.g. family or mass-media, but also because of the fact that all the teachers have the same main objectives of education always before themselves; society looks forward to the same results obtained by the teachers of all schools. What is expected is first of all a good preparation in the area of information and skills that are scheduled in school curricula, a good social preparation, a preparation for the participation in the general human and national culture and a preparation for a professional work.

What more, this independence is limited by the conditions fixed by the state, which takes care of the education and by means of acts, regulations, curricula, textbooks and the control apparatus regulates these conditions and checks in what degree the teachers conform to them.

Can the teacher's activity have the badge of creation in spite of these limitations? The answer to this question should be definitely affirmative, since the conditions mentioned above give the picture of the specific sides of the teachers' creativity without impeaching the creativity itself. This type of activity is much different from any other but as possible as any other.

It is easier to state it than to draw the precise boundaries between the teacher's work which has the badge of creativity and the work which has no such badge. The difference is not, however, specific for this area.

Generally speaking, teacher's creativity brings to mind any highly effective influence of the teacher upon his pupils — according to certain educational ideal which forms the frame of reference for this effectiveness. Having so general a definition it would not be difficult to obliterate the line of demarcation between the creative activity and the imitative one or the one based on the norms accepted from outside. To avoid that, the teacher's creativity should be treated as the independent solving of the practical problems by the teacher in

the course of exerting influence upon the pupils — leading to outstanding results and being in concord with definite educational ideals.

What is well known to the teachers is that in the process of education there appear many situations abundant in various difficulties, so that the teacher does not know what to do. These are problem situations, the practical problems being involved, which differ from the theoretical ones by their having many solutions that are expressed in practical activities. In these situations the routined teacher acts according to the well worn patterns, while the less experienced and not a very creative one reminds himself of what the pedagogical books advise to do in such a case or what has been done by his more experienced colleagues. The creative teacher acts otherwise. He analyses the situation, isolates its most important components and those subordinate to them, inquires into the pupils' motivation, seeks the concepts of solving the problem, out of which he chooses the one which is the best with respect to the educational aim and the effects forseen by him. Not earlier than after having accomplished these preparations in his mind, he applies definite educational measures. Then he watches his pupils in order to find out whether the pedagogical measures have brought the expected results. If the results proved to be different, he examines the causes and possible consequences of these deviations, which he did not forsee.

Thus, the activity of the creative teacher is full of the inner mental activeness. Owing to this, his practical activity is purposeful and consciously selected. In the course of time it grows more mature and more effective. Pedagogical and psychological writings are very often source of his concepts — he himself verifies the theorems taken from the books, which leads him to accepting or to rejecting them. He owes many theorems to his own creative effort.

Having explained in what the teacher's creativity consists, we can now present several areas in which it is revealed. Here we must take into consideration the creative activity of the teachers concerning contents, methods, means and the organization of education and teaching.

The teacher's creativity can be revealed not only in the primary school, but also in the secondary school and at the university level. It can have respect to the innovations in a class or a school as well as to the reformatory activity in the nation-wide scale. In any case it requires a wise, creative effort and the attitude of social commitment, taking no notice of the difficulties encountered in the course of this activity.

In our present conditions this effort is especially needed in the works on the forming of a really socialistic school that would keep up with other fields of our life and at the same time clear a way for the future. On the intensity of this effort depends whether the new

school reform will actualize the vision of this magnificent school or whether it will be one of the common, successive reforms which bring about very slight changes and what more not always changes for better. This comparatively little influence upon progress in education can be explained chiefly by a too small participation of the teachers at large in preparing these reforms, which is regularly accompanied by incomplete understanding and very often by indifference or opportunism.

This state of facts will be subject to radical changes when the great powers hidden in the great masses of teachers are activated. In our country the teachers of all levels up to the university should feel responsible for the actual and future shape of our school and first of all for its structure, plans and curricula, just as it starts to be in other countries. The future school should be formed in the course of the teachers' daily work, in the course of solving practical problems concerning the structure and contents of general and vocational education.

The teacher is in the everyday contact with didactic-educational contents, which enables him to immediately notice all the difficulties that inhere there. These difficulties can be of psychological nature when, for instance, contents are too easy or too difficult, which does not provide a change for the full mobilisation of the pupils' efforts. The best solution of a problem is then to charge the lesson with additional contents or to rationally eliminate the surplus of details and then to verify thus corrected contents in the didactic process. Difficulties of didactic nature appear still more often when, for instance, the way of arranging the contents in the textbook causes doubts, there is a onesided way of presenting material in the textbook, important points are insufficiently stressed or there is a loose connection of information with skills and of knowledge with life. Finally, the difficulties can be of educational nature when for instance, the teacher is alarmed by what is expressed by a plastic or a literary work or when a good chance appears for interpreting given contents with respect to certain neéds of social-moral, social-patriotic, aesthetic, sexual or medical education.

These or other problems connected with contents need not be limited to single lessons. They can be examined in longer periods of time, which would allow the teacher to find more and more useful arrangements of material than the one presented in the textbook, especially the more useful structuralization and the more rational relationship between the facts and the contents. Programming of didactic material by the teachers well serves such a long-range creative work. Programming and verification of programs allows the expert to notice these elements and these relationships included in the material which he formerly did nor perceive. Thus, it prepares him well for the creative work on selecting and grading.

Profits drawn from solving the problems of the contents can be multiple. Their greatest value is that when teaching to understand the curricula and textbooks better they at the same time form the independent attitude towards them. In this way they immediately serve the improvement of the teacher's daily work, since the use is made by him of his own creative work on the improvement of the contents. Thus, achievement of the teacher gradually increases. If the results of these inquiries of the teacher are published in any form and especially if they are scientifically worked out they become a common property and help the teachers all over the country to understand the contents of both general and vocational education at the same time becoming the contribution to the improvements of curricula and textbooks as well as to the formation of the scientific basis for the school of the future.

There is no need for convincing anybody of the significance of chances and profits connected with the teachers' creativity in the areas of the methods of teaching and upbringing. The creativity, however, which is so eagerly exercised by the authors of « pedagogical prelections » has never become familiar to the teachers at large. Anyway it takes root more deeply which is undoubtedly due to the action of pedagogical prelections. This useful action has been organized with a great expenditure of labour first by the Institute for Education and now, since eight years by the Methodological Centre.

In Poland it is comparatively easier to come across the teachers' creativity in the area of methodology than across any other type of it. It is enough to visit some of our experimental, experimenting or model schools as well as the school laboratories of individual teachers-innovators to find its numerous traits. One can find many valuable samples of this creativity in publications, the authors of which are creators themselves, i.e. in articles, collective editions of pedagogical prelections or in many other collective editions.

The essential feature of methodological problems no matter whether they belong to the teaching or to upbringing is the fact that they refer to the didactic-educational process. The process itself comprises the activities of teachers and pupils. What forms the aim and the final results of these activities is the fact of accomplishing certain changes in the pupils which consist in mastering knowledge or skills, developing abilities, forming social, moral or aesthetic attitudes. Generally apeaking the above mentioned changes consist in the growth of general or special qualifications. Thus, the methodological problem does not mean a question how to teach or how to bring up, but how to influence the pupils so that they behave so and so and in the course of that — change themselves (for better of course) in a given respect or even by a given degree. The question of the measurement of this progress is of great importance here, since the modern didactics like

other branches of science more and more eagerly uses measurements and mathematics aiming at a far-reaching rationalization and at the increasing effectiveness of the educational process.

Speaking about the influence of the teacher upon a single pupil, a group of pupils or upon a class and not only about « teaching » and at the same time about the pupils behaviour under such an influence, we put the matter more widely than it is usually done in current discussions — more widely in two respects. First, because the problem of teaching has been traditionally concentrated on the teacher's activities directed at transmitting some pieces of information to the pupils or showing the model of activity which should be followed, while the influence refers not only to the operative sphere (knowledge, skills, abilities) but also to the motivational one. Second, because of the fact that by conditioning the pupils' behaviour with the teacher's influence we stress the necessity of a constant feedback between the first and the second, since without it the changes desired to appear in the pupils will never be brought about.

Improving the educational process so widely understood the teacher cannot forget about the problems connected with the media of teaching and upbringing. These media form together with the teacher's and the pupils' activities — the part and parcel of all the methods of educational influence. In spite of this inseparability, the creativity of our teachers concerning media of teaching and upbringing is extremely poor in comparison with the former section. True to say, we have some achievements in the world scale, e.g. the inventory of the first maschine for programmed instruction. Its inventor, however, Stanislaw Trebicki, was a businessman and not a teacher.

Progress in the area of the media of teaching and upbringing becomes the problem of the day in all well-developed countries. Every year new media appear that not only help the pupils to become aware of the reality or show world in a generalized form but also replace the activities of the teacher. In these days they replace even some of the activities of the learners, those can be considered media-methods. Media of this type, however, (radio, tape-recorder, television-set, teaching machines) cannot do without the activities of the teacher. The teacher who takes part in the television programme, prepares programmed texts or works out a didactic model of a maschine for programmed instruction can be, of course, an outstanding person. It can be somebody who successfully replaces the activities of average teachers.

Thus, even in working out media-methods replacing the teachers' activities as well as some of the pupils' activities there is a wide field for the teacher's creativity. This field will in the course of time increase as the computers will appear in schools, especially when their seize

will be smaller, management — easier and the costs of exploitation — lower.

All the teachers' training colleges, all constructors and producers should be aware of these important problems of the near furure, while rank and file teacher, especially the one working in the rural conditions will tackle with fundamental didactic problems, e.g. which one of the traditional instructional aids to use in order to obtain the best effects, where to take it from or, perhaps, how to do it himself under special conditions, how to get a tape-recorder, a radio, a television-set or in better conditions — an epidiascope, a lightboard or an automatic epidiascope. These problems, however, can be also solved in a creative way, which is witnessed by the activity of the teachers working in the most difficult conditions who are able to make simple as well as more complicated aids of simple, easily available materials.

While the movement in the area of production an rational use of didactic-educational media should be started almost from the beginning, the situation in the organizational field seems to be much better. Our teachers of the pre-war period were extremely interested in the problems of organization. The similar situation prevails now. The Polish experiments and research on application of group work in homogeneous groups which were started in the pre-war period and are now carried out in a large scale have been highly estimated at home and abroad, especially in the Soviet Union, Czechoslovakia, Sweden and Japan. Organization of early enrolment in the first form and forming compensatory groups in order to give all the children a chance of an equal start at school have been made widely popular. These ideas penetrated to Czechoslovakia where they found a common application. Compensatory groups started to be formed in higher grades as well. In this case, however, evaluations of this very method of compensating deficiencies were not uniform. Following the example of the Austrian as well as of the English schooling, the Polish teachers have for a long time been making attempts to form multilevel groups within the forms. The above mentioned attempts and many others, like for instance joining the laboratory system and the brigade system with the class-lecture system or organizing schools with a prolonged school-day show the richness of the reformatory activities of our teachers. They also show that in the teachers' opinion organizational and methodological problems are easier to undertake. It seems to be true, actually, although the controversity of evaluations of possible solutions is much greater in this area. Is it, for instance, possible to find such an organizational solution of school in which more able pupils would be in a position to advance more quickly while the less able would not loose contact with them nor reduce their ambition to level up to them?

This controversity of organizational solutions which is an impor-

tant feature of the work on these problems should not let us draw a conclusion that this sort of questions ought to be excluded from the sphere of the teachers' creativity. Solving these problems, however, one should always have in mind the richness of possible solutions and their helpfulness for eliciting desired changes in the pupils. The creative work of the teacher in the area of organizational forms of the didactic-educational process consists in a free choice on the part of the teacher of these forms of the curricular and extra-curricular activities which are especially suitable for the moulding of certain features of the pupil's personality and in joining harmoniously various forms, methods and means in order to secure the manysided development of the children and the adolescents.

Finally, it should be noted that the creative work of the teachers is not always and not everywhere appreciated as highly as it should be. Postulating for its full estimation we should draw attention to the fact that most of creative teachers undertake it not because of the drive for rewards and high estimation but because of the heart's desire, out of the sense of dignity of their profession, out of the deep conviction that only creative teachers are able to find and develop the creative elements in the young generation.

Warszawa, University, Institute for Education.

W. Okoń

DÉCISION JUDICIAIRE: L'APPLICATION OU LA CRÉATION DU DROIT

Le problème doit être analysé dans ses quatre aspects: (a) l'aspect normatif qui concerne la relation entre la création et l'application du droit selon les règles d'un système du droit concrèt; (b) l'aspect théorique qui consiste dans la construction des modèles de ces deux activités en déterminant leur définition dans la langue de la théorie du droit; (c) l'aspect descriptif dans lequel on fait la description de la jurisprudence; (d) l'aspect évaluatif qui concerne l'évaluation de la liberté créatrice du juge ou de sa soumission à la loi. Ces aspects peuvent être mutuellement liés mais on ne doit pas les confondre. Le plus indépendant est l'aspect théorique qui est analysé dans trois constructions principales de la différenttation de la création et de l'application du droit: (a) « la construction du contenu » qui vise les résultats de ces deux activités; (b) « la construction de l'inférénce » qui est basée sur la relation entre la décision judiciaire et les normes qui sont évoquées comme leur justification; (c) « la construction fonctionnelle » qui analyse la fonction de la décision judiciaire en comparaison de celle des lois.

1. — Les discussions et controverses des opinions concernant les fonctions de l'activité judiciaire sont très complexes. Il y a beaucoup de facteurs qui déterminent ces opinions: les prescriptions de la loi qui règlent la place juge et ses fonctions en contexte des autres éléments de la machine gouvernementale; la « réalité » des décisions juridiques comme opposée à leurs fonctions normativement déterminées; l'idéologie de la fonction judiciaire; les théories de la nature de l'interprétation juridique, de la logique juridique et la conception de la légalité. Les opinions formulées de la façon générale, comme concernant toutes les décisions juridiques, sont pourtant enracinées dans le contexte des systèmes de droit déterminés, liées aux modèles de la décision de certains cas typiques et souvent influencées par les idéologies . . . Rien de surprenant que dans cette situation il y ait autant de possibilités de création des mythes que de leur destruction par la création de nouvelles constructions théoriques et idéologiques.

Une immense littérature théorique concernant la décision judiciaire depuis la fin du XIXe siècle oscille entre deux extrêmes: du formalisme juridique conçu comme idéologie d'une conception logico-mécanique des fonctions judiciaires [1] et l'extrême de la libre recherche judiciaire justifiée par l'argumentation ontologique, semantique ou idéologique [2]. Le point central de la discussion c'est la question si la décision judiciaire est un acte de l'application ou de la création du droit.

Je ne peux pas même tenter de résoudre le problème du caractère de la décision judiciaire en donnant une réponse générale. Je crois que c'est impossible, puisque la réponse doit être relative à plusieurs

facteurs. Je voudrais seulement préciser les aspects principaux du problème de la décision judiciaire qui doivent être distingués pour mettre en ordre le chaos de l'argumentation.

2. — Le problème de la décision judiciaire doit être analysé au moins sous quatre aspects, que nous appelons « normatif », « théorique », « descriptif» et « évaluatif » [3].

2.1. — Dans l'aspect normatif la relation entre la création et l'application du droit est déterminée pas les règles d'un système de droit. Ces règles précisent la position de la cour et des juges dans la structure institutionnelle et fonctionnelle de l'Etat. Les caractéristiques générales de ce groupe de règles appartenant aux systèmes juridiques divers sont la base de la construction des types techniques de droit comme de *statute law* ou de *common law* [4].

On peut affirmer, que dans les systèmes contemporains de *statute law* européens les prescriptions de la loi font une distinction entre la création et l'application du droit et que, au moins en ce qui concerne certains organes de l'Etat, ces disposition distinguent la compétence dans ces deux champs d'activité juridique [5]. Dans les règles constitutionnelles de ces systèmes cette distinction est spécialement marquée dans l'opposition entre l'activité législative et l'activité judiciaire. C'est pourquoi pour la majorité des systèmes dont nous parlons maintenant la question « les cours doivent-elles créer le droit » la réponse fournie par les textes des prescriptions de droit est négative. Ces textes déterminent comme exceptionnelles les situations dans lesquelles les juges se basant sur les règles non statuées peuvent décider des cas, sans pourtant traiter ces situations comme création du droit.

L'aspect normatif de l'analyse de la décision judiciaire est limité à l'exégèse des textes des prescriptions juridiques. Il en résulte la définition des termes « la création du droit » et « l'application du droit » dans la langue juridique.

Le résultat de l'analyse des textes normatifs concernant la décision juridique peut être opposé aux conclusions d'une recherche faite en considération d'autres aspects de cette décision. La notion théorique de « la création » et de « l'application » du droit en décision judiciaire n'est pas nécessairement équivalente aux définitions de la langue juridique (l'aspect théorique). La décision judiciaire en réalité peut être la création du droit et pas une application même présupposant la terminologie de la langue juridique (l'aspect descriptif). La différenciation entre la création et l'application du droit, soit normative soit théorique, peut être liée avec certaines évaluations de l'idéologie du fonctionnement des cours. C'est évident pour l'aspect normatif, mais aussi certaines opinions théoriques ne sont pas axiologiquement neutres (l'aspect évaluatif).

2.2. — La différenciation entre la création et l'application du droit dans l'aspect théorique consiste en la construction des modèles de ces activités ou, en d'autres termes, elle consiste en la détermination des définitions de ces activités dans la langue de la théorie du droit.

La formulation de ces définitions est nécessairement une convention linguistique. Il n'y a aucune façon établie de se servir des termes « la création » et « l'application » du droit ni dans la langue juridique des textes légaux, ni dans la langue judiciaire de la pratique juridique, ni dans les langues de la doctrine juridique, ni dans les théories du droit. Dans cette situation une discussion théorique sur le caractère de la décision juridique et menacée par équivocation provenant d'une imprécision sémantique ou doit présupposer une définition préalable des termes « la création » et « l'application » du droit. Cette définition certainement doit être une convention.

Dans la théorie du droit on ne détermine pas les significations des termes dans un vide abstrait, mais on opère dans un contexte très complexe. C'est pourquoi la théorie sans faire tort aux exigences opérationnelles de son « appareil conceptuel » ne doit violer ni les intuitions de la langue juridique ni les significations émotives et politiques attachées aux expressions verbales par le contexte idéologique. C'est la raison de l'utilité des modèles théoriques comme instruments d'une recherche et comme condition d'une discussion raisonnable.

On doit soulinger, que chaque discussion sur les caractères de la décision juridique présuppose nécessairement une détermination du sens des termes « la création » et « l'application » du droit, sans quoi elle tombe dans l'équivoque. Cette détermination est nécessaire pour l'analyse de la décision judiciaire dans l'aspect descriptif et dans l'aspect évaluatif, elle peut être conforme ou non aux significations des termes en question dans la langue juridique des textes légaux.

2.3. — Pour étudier la relation entre la création et l'application du droit dans les décisions judiciaires sous l'aspect descriptif on doit analyser la jurisprudence des cours dans un temps déterminé selon les groupes des cas décidés. Les thèses que l'on peut formuler dépendent de deux prémisses. L'une c'est évidemment la connaissance suffisante de la jurisprudence en ce qui concerne les cas décidés, les prescriptions évoquées et les décisions mêmes. L'autre prémisse c'est la détermination de la signification des termes « la création » et « l'application » du droit.

La première prémisse est évidente. Le problème pourtant est plus compliqué qu'il ne semble car la prescription évoquée dans la décision ce n'est pas souvent le texte légal dans sa signification « immédiate », mais c'est le texte interprété, le texte suppléé par les règles extra juridiques etc [6] .Bref, la prescription évoquée ce n'est pas souvent

la règle de la décision, ça veut dire, la règle qui justifie la décision. Cela explique le grand rôle de l'analyse théorique et spécialement de la théorie de l'interprétation.

La seconde prémisse est aussi évidente, mais souvent elle n'est pas formulée explicitement. Pourtant sans avoir suffisamment précisé cette prémisse, il n'est pas possible de formuler des thèses théoriquement fondées et prendre en considération l'aspect théorique de la décision juridique qui y est indispensable.

2.4. — L'aspect évaluatif du problème de la décision judiciaire concerne içi l'évaluation de la liberté créatrice du juge ou de sa soumission à la loi. Cette évaluation est souvent liée avec la théorie de l'application du droit et parfois aussi avec l'analyse descriptive de la pratique juridique.

L'évaluation de la décision juridique sous l'angle de sa « créativité » ou « soumission » oscille entre deux extrêmes [7]. L'un c'est l'idéal d'une activité judiciaire créatrice dans laquelle le rôle de la loi est infime, la loi y est traitée seulement comme signe indiquant la voie de la solution et pas comme règle de cette solution. La décision judiciaire doit suivre les exigences fluides et changeantes des cas concrets, pas la « lettre morte » de la loi. L'autre c'est l'idéal d'une activité judiciaire soumise à la loi. Cette activité est plutôt mécanique, elle « déduit » les décisions qui sont « les inférences » des règles abstraites de la loi pour résoudre les cas concrets. C'est au législateur pas au juge qu'appartient la compétence et le devoir de créer des règles nouvelles.

Ces deux extrêmes sont seulement des modèles. Les positions acceptées approchent autant de l'un que de l'autre et constituent un compromis entre les deux. On peut les ranger comme un continuum et les degrés de l'approximation aux modèles ne donnent que des limites indéfinies, vagues et imprécises. Nous avons d'un côté la tendance à concentrer les valeurs primaires autour de la meilleure adaptation du droit aux exigences changeantes de la vie, de l'autre à évaluer comme les plus importantes des valeurs telles que sécurité et sûreté juridique, stabilité et ordre conçus comme paix dans les relations sociales.

L'attitude évaluative s'exprime comme des théories normatives de l'interprétation et de l'application du droit, c'est-à-dire comme systèmes de postulats pour faire une décision juridique, ou bien elle est présentée dans chaque évaluation d'une décision, d'un résultat d'une interprétation concrète. Cette attitude est un facteur important mais non avoué dans les discussions prétendues purement théoriques sur la « créativité » de la décision judiciaire, dans le choix des concepts et de la terminologie relevant de la solution de ce problème.

3. — Les quatre aspects du problème de la décision judiciaire ne doivent pas être confondus. La « réalité » de la décision judiciaire (aspect descriptif) peut différer substantiellement de l'état postulé par les règles de la loi (aspect normatif), et peut être évaluée de plusieurs façons selon le choix de l'attitude axiologique (aspect évaluatif). Mais pour discuter le problème si la décision judiciaire est une création du droit ou l'application du droit, on doit préciser la signification de ces deux termes (aspect théorique).

Dans notre court essai nous voudrions identifier les principaux aspects du problème. Ce sont, comme nous l'avons démontré, les quatre aspects nommés ci-dessus. Il n'est pas possible de s'occuper de l'analyse de l'aspect normatif et de l'aspect descriptif car ils sont nécessairement déterminés par les systèmes concrets du droit et la pratique judiciaire déterminée. Pourtant il est possible d'envisager les principales façons de concevoir la décision juridique dans l'aspect théorique, car les constructions théoriques peuvent être présentées comme modèles pouvant être appliqués aux différents systèmes du droit et à la pratique de leur fonctionnement.

Je pense qu'on peut ranger les constructions théoriques qui concernent la distinction entre la création et l'application du droit dans la décision judiciaire en trois groupes: (*a*) « la construction du contenu »; (*b*) « la construction de l'inference »; (*c*) « la construction fonctionnelle ».

3.1. — « La construction du contenu » concerne le contenu des normes comme produits de l'activité légale. On peut qualifier les normes juridiques selon deux critères de la généralité ou de l'abstraction des termes désignants leurs destinataires et leurs objets, à savoir la classe des comportements normativement qualifiées (ex. comme devoir, droit, sanction, prestation, etc.). Cette classification peut être compliquée par des subdivisions plus détaillées et présente quelques difficultés quand on l'applique aux normes techniques et normes de la planification économique, mais nous pouvons négliger ici ces questions [8].

Admettons pour le moment que l'on peut diviser toutes les normes en générales et individuelles selon la qualité de la désignation linguistique des destinataires (la classe d'individus ou d'institutions; sujet concret). Parallèlement ou peut classer les normes selon les comportements normativements qualifiés. Il en résulte alors la classe des comportements ou un comportement unique: dans le premier cas nous avons les normes abstraites, dans le second - les normes concrètes. Cette classification se base sur l'analyse sémantique des termes avec lesquels les normes sont formulées [9].

Selon la « construction du contenu » la distinction entre l'activité créatrice du droit et l'application du droit c'est la différence entre

normes générales et abstraites qui résultent de la création du droit, et les normes individuelles et concrètes qui sont le résultat d'une application du droit. Comme la décision judiciaire c'est la résolution d'un cas concret (en général, car il y a des exceptions dans divers systèmes juridiques), cette décision contient seulement une norme individuelle et concrète, et elle n'est pas par définition une « création » du droit. L'argumentation présuppose une nette distinction entre les deux classes des normes, mais en pratique on voit les différents degrés de la généralité et de l'abstraction et on soutient alors la thèse qu'il y a un continuum entre les caractéristiques des normes dont nous parlons. Cette relativité acceptée, on formule la thèse de la relativité de la distinction entre la création et l'application du droit sauf les normes suprèmes et les normes infimes d'un système juridique: les premières sont une pure création juridique, les dernières une pure application du droit [10].

Mais nous sommes intéressés ici seulement à la décision judiciaire. Et pour la décision selon la « construction du contenu » on peut dire que cette décision est *ex hypothesi* application du droit quand elle formule la norme individuelle et concrète.

3.2. — « La construction de l'inférence » est liée avec la relation entre la décision judiciaire et les normes qui sont évoquées comme justification. On tient que si cette relation est une relation logique des prémisses et de la conclusion, la décision judiciaire sera « application du droit ». Si, pourtant, cette relation ne peut être réduite à une telle relation elle sera nécessairement « la création du droit », or la conclusion ne pourra être déduite des normes du droit considérées comme ses prémisses.

« La construction de l'inférence » est très complexe. Mais nous la réduisons à la forme la plus élémentaire en disant, que la décision judiciaire est l'application du droit en tant qu'elle peut être inférée des normes du droit selon les directives dites « logiques ». Par la « logique » on n'entend pas une théorie logique bien définie, mais plutôt les règles de la logique formelle conçues de la façon traditionnelle.

Le partisans des cette construction se divisent en deux groupes. Un, maintenant en minorité avec une tendance à la disparition totale, maintient que la décision judiciaire peut être formulée (toujours dans la plupart des situations) comme une déduction des normes valides, et qu'elle a ainsi un caractère « logique » ou « mécanique » [11]. L'autre groupe, qui en vogue du criticisme des conceptions mecanistes de l'application du droit va parfois aux extrêmes pas sérieux [12], maintient que la décision judiciaire et déterminée par la loi seulement dans un certain degré, conditionné par beaucoup de facteurs. Il y a plusieurs théories. Mais je peux ici me limiter à la constatation de la thèse com-

mune: la décision judiciaire dans la plupart des situations n'est pas déterminée seulement par les prescriptions de loi que l'on donne comme justification mais par les évaluations du juge [13]. Ce sont les évaluations parfois très complexes. Le degré de la liberté du juge est très différenciée et dépend de la formulation des textes de la loi, des directives en vigueur qui règlent l'interprétation et l'application du droit, des théories normatives acceptées par la pratique juridique et par le juge décidant le cas etc. Mais en tout cas ce sont des évaluations qui jouent le rôle principal en déterminant les prémisses de la décision. En tant que ces prémisses sont formulées la décision peut en découler de la manière formelle d'un syllogisme juridique [13], mais c'est la détermination de ces prémisses qui a une influence décisive. C'est pourquoi le schéme déductif de la décision, pris à la lettre, est faux ou insuffisant comme présentation théorique du processus de prise de décision.

Les thèses de la majorité ont été formulées comme résultat de l'analyse de la pratique juridique [14], ou comme résultat de la réflexion philosophique sur le caractère de la décision judiciaire [15].

3.3. — « La construction fonctionnelle » base l'analyse de la décision judiciaire sur la fonction qu'elle exerce sur d'autres décisions. Partant de cette construction ou peut diminuer la différence entre décision judiciaire et « décision législative » en soulignant, que du point de vue de la fonction elles peuvent être ou elles sont semblables [16]. Ainsi la décision judiciaire peut avoir en pratique une autorité comparable à celle de loi. Par exemple, la cour inférieure tient compte des décisions des cours supérieures même quand elles n'ont pas une force légalement obligatoire. Le rôle que la cour suprême dans la pratique juridique exerce par ses décisions est évident [17]. Nous parlons tout le temps, comme je l'avais souligné auparavant, du système de *statute law* et ici, de ce point de vue, on voit que, en ce qui concerne la fonction pratique des décisions, elles exercent une influence analogue aux précédents juridiques du *common law* [18].

Alors, selon «la construction fonctionnelle» on doit distinguer les décisions judiciaires qui fonctionnent comme les lois, et d'autres, qui n'ont pas une influence semblable. Les premières, dit-on, sont une création du droit, pas une simple application.

3.4. — Chaque « construction » peut apparaître sous une forme simple ou complexe, seule ou dans une combinaison avec d'autres. Il me semble que le choix entre ces conventions terminologiques est déterminé par les raisons différenciées. Si le droit en vigueur ne le détermine pas, il y a des raisons théoriques et idéologiques qui en donnent des préférences. Dans la théorie on peut être intéréssé par exemple surtout à la structure du système de droit et aux raisonne-

ments juridiques ou aux fonctions des lois et des décisions judiciaires [19]. Idéologiquement on peut être intéressé au choix de la terminologie soulignant la soumission du juge à la loi, ou, au contraire, à la liberté du juge comme co-créateur de l'ordre juridique. Mais en tout cas du point de vue purement méthodologique on ne doit confondre ni les aspects du problème de la décision ni les constructions ci-dessus mentionnées.

4. — Notre brève discussion du problème de la décision judiciaire avait comme but de préciser les principaux aspects de l'analyse de l'élément de la création et de l'application du droit. La thèse principale soutient que l'on doit distinguer quatre aspects du problème, que ces aspects peuvent être liés mutuellement et que la généralité des thèses formulées dans chaque aspect doit être relative à son champ d'application et a l'appareil conceptuel qui lui est propre.

L'importance de cet appareil conceptuel a influencé notre préoccupation de l'aspect théorique du problème, déterminant la langue dans laquelle on formule le problème de la décision judiciaire. L'aspect évaluatif est aussi important, car, comme nous avons souligné, l'attitude évaluative influence le choix des concepts. Mais nous n'avons pas pu l'analyser dans les cadres de cet essai sauf pour accentuer deux attitudes fondamentales et leurs valeurs principales.

L'importance des analyses théoriques et de l'aspect évaluatif a été présenté de façon abstraite. Mais je voudrais souligner encore, que toute la discussion sur le problème de la création judiciaire et de la soumission de juge à la loi sont influencées fortement par le contexte social et le contexte idéologique en dehors de l'idéologie juridique. Les grands courants des transformations techniques et sociales de notre époque posent un problème: la nouvelle société technologique n'exige-t-elle pas une nouvelle conception de la décision judiciaire? [20]. Si la réponse est positive on devra reformuler les notions de la légalité et transformer les notions de la sécurité et certitude juridiques qui, malgré leurs critiques psychologiques [21], sont enracinées dans la culture juridique contemporaine [22].

Lodz, Université, Faculté du Droit.

J. WRÓBLEWSKI

NOTES

[1] Comp. BOBBIO N., *Giusnaturalismo e positivismo giuridico*, Milano 1965, p. 93 et seq. Cette attitude formaliste ne doit être idéntifiée avec théorie positiviste de l'interprétation juridique. SCARPELLI U. *Cos'è il positivismo giuridico*, Milano 1965, p. 124-125.

[2] Comp. eg. l'oeuvre classique GENY F., *Méthode d'interprétation et sources en droit privé positif*, Paris 1932 et la littérature citée dans WROBLEWSKI J., *Zagadnienia teorii wykladni prawa ludowego*, Warszawa 1959, p. 167-175; FRIEDMANN W., *Legal Theory*, London 1960, 4 éd., p. 299 et seq.

[3] WROBLEWSKI J., *Sadowe stosowanie prawa a prawotwórstwo*, Panstwo i Prawo 6, 1967, p. 865-868 et passim.

[4] Comp. ALLEN C. K., *Law in the Making*, Oxford 1958, 6 éd., p. 157 et seq., 409 et seq. FRIEDMANN W. *Legal Theory*, op. cit. p. 483-49 ; GOTTHEIL J., *Common Law y Civil Law*, Buenos Aires 1960, passim.

[5] Comp. en général WROBLEWSKI J., *Zagadnienia teorii wykladni . .*, op. cit. p. 181-187; KELSEN H., *Reine Rechtslehre*, Wien 1960, 2 éd., p. 15 et seq., 248-251. Pour le système du *common law* ESSER J., *Grundsatz und Norm in der richterlichen Fortbildung des Privatrechts*, Tübingen 1956, p. 119.

[6] Comp. WROBLEWSKI J., *Il modello teorico dell'applicazione della legge*, Rivista intern. di filosofia del diritto 1, 1967, p. 14; MAKKONEN K., *Zur Problematik der juridischen Entscheidung*, Turku 1965, §5.

[7] WROBLEWSKI J., *Zagadnienia teorii wykladni. . .*, op. cit. p. 151-187.

[8] Comp. WROBLEWSKI J., *Norma generalna i norma indywidualna*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Lôdzkiego, nauki humanistyczno-spoleczne, ser. I, 23, 1962, p. 15-17.

[9] Comp. BOBBIO N., *Teoria della norma giuridica*, Torino 1958, p. 228-232; WROBLEWSKI J., *Norma generalna i norma indywidualna*, op. cit., p. 1-15.

[10] Comp. KELSEN H., *Reine Rechtslehre*, op. cit. p. 198 et seq., 242 et seq.

[11] Pour le droit civil en France comp. STONE J., *Legal Systems and Lawyer's Reasonings*, Stanford 1964, chap. VI.

[12] Comp. e. g. la critique dans GOTTLIEB G., *The Logic of Choice*, London 1968, p. 23 et seq. et la littérature citée par l'auteur.

[13] Comp. e. g. ENGISCH K., *Logische Studien zur Gesetzesanwendung*, Heidelberg 1960, 2 éd., passim; PERELMAN CH., *Justice et Raison*, Bruxelles 1963, chap. XIII, XIV, XVI; GOTTLIEB G., *Th Logic of Choice*, op. cit. chap. IV, VII, VIII, X, XI; STONE J., *Legal System and Lawyer,s Reasonings*, op. cit. chap. VIII.

[14] Comp. les traveaux de la Centre National de recherches de Logique (Bruxelles) FORIERS P., *L'état des recherches de logique juridique en Belgique*, (dans) Etudes de logique juridique, ed. Ch. Perelman, Bruxelles 1967, vol. II, passim. WROBLEWSKI J., *Zagadnienia teorii wykladni. . .*, op. cit. chap. V-VIII.

[15] E. g. COSSIO C., *El derecho en el derecho judicial*, Buenos Aires 1967, 3 ed., chap. II, IV.

[16] Comp. STELMACHOWSKI A., *Prawotwórcza rola sadów* (w swietle orzecznictwa cywilnego) Panstwo i Prawo 4-5, 1967, p. 617-618.

[17] WROBLEWSKI J., *Zagadnienia teorii wykladni. . .*, op. cit. p. 120 et seq.

[18] Comp. ALLEN C. K., *Law in the Making*, op. cit. p. 174-182. Le rapprochement du *code law* et *case law* comp. FRIEDMANN W., *Legal Theory*, op. cit. p. 483-493.

]19] Du point de vue du « *bad man* » le droit doit être réduit aux prognostiques des décisions judiciaires. Toutes les conséquences de cette thèse ont été déduites par le réalisme juridique aux Etats-Unis comp. OPALEK K.-WROBLEWSKI J., *Wspolczesna teoria i socjologia prawa w Stanach Zjednoczonych A. P.*, Warszawa 1964, chap. III.

[20] Comp. COTTA S., *Il giurista e la società in trasformazione*, Iustitia 4, 1966, p. 292-298; par le même auteur, *La civiltà del diritto legale nell'età tecnologica* (dans) Scritti in memoria di V. Cesarini Sforza, Milano 1960, p. 244-246. Dans la même direction, mais s'appuyant sur une autre argumentation, va MARCIC R., *Vom Gesetzesstaat zur Richterstaat*, Wien 1957, p. 377 et seq.

[21] E. g. FRANK J., *Law and the Modern Mind*, New York 1949, p. 243 et seq.

]22] Comp. BAY CH., *The Structure of Freedom*, New York 1965, p. 65 et seq. RADBRUCH G., *Rechtsphilosophie*, Stuttgart 1956, 5 ed., § 9. COSSIO C., *La teoria ecologica del derecho y el concepto juridico de libertad*, Buenos Aires 1964, 2 ed., p. 565 et seq.

RECENSIONI - COMPTES RENDUS - BOOK REVIEWS BUCHBESPRECHUNGEN - ANALISIS DE OBRAS

PAPY. - *Mathématique moderne.* VOLUME III. Avec la collaboration de FR. PAPY. Un vol. in-8, de XXXII-452 pages, avec 366 figures en couleurs. Editions Marcel Didier, Bruxelles, 1967. Prix, relié, F.B. 300.

Dans le numéro du septembre-octobre 1967, année LXII, de « Scientia », j'ai parlé brièvement des vol. I° et II° de « Mathématique moderne » de Papy, destinés aux adolescents de 12, 13 ans. Ici on traite du vol. III° destiné à des jeunes gens de 14 ans (élèves de la 3ª (école) moyenne en Italie).

Est intéressante la préface dans laquelle, après un éloge passionné d'Euclide: « Euclid is the greatest schoolmaster known in the History of Mathematics; All of us, classical and modern Mathematicians, are his pupils » (B.L. Van der Waerden), on trouve la sentence péremptoire de Jean Dieudonné « A bas Euclide ». On conclut que « si Euclide revenait parmi nous, alors il serait Bourbakiste (André Revuz) ».

La mathématique moderne est caractérisée comme « l'Exposé de la mathématique qui utilise Ensembles et grandes Structures ». L'objet essentiel du présent volume est d'exposer la géométrie métrique plane dans le cadre du plan vectoriel. On utilisera de manière fondamentale le groupe des isométries engendré par les symétries orthogonales. « Les onze premiers chapitres de cet ouvrage en constituent la partie fondamentale et conduisent l'élève à des axioms intuitifs originals à la structure du plan vectoriel euclidien. »

Pour donner une idée adéquate de l'exposition, je dirai que le fameux théorème de Pythagore n'est pas établi sur la base de l'équivalence des figures, mais en se servant du produit scalaire des vecteurs, à present vecteurs orthogonaux. Il suffit pourtant de rapporter la table des matières: Chap. 1 - Symétries centrales; 2 - Symétries parallèles; 3 - Symétries orthogonales; 4 - Isométries; 5 - Déplacements; 6 - Rotations; 7 - Groupe de déplacements; 8 - Retournements; 9 - Distance; 10 - Cercles; 11 - Produit scalaire; 12 - Calcul dans le plan vectoriel euclidien; 13 - Inégalités; 14 - Le groupe des angles; 15 - Calcul dans le groupe des angles; 16 - Racine carrée; 17 - Cercles et droites; 18 - Premiers éléments de trigonométrie; 19 - Equations normales.

Comme le fait noter l'A. lui-même « les chapitres 1 à 11 et 14 doivent constituer le coeur de l'enseignement de la géométrie dans la classe de quatrième » (comme on le sait en Belgique, comme en France, les classes des écoles se numérotent à partir de la plus élevée).

Suivant le temps dont il dispose, et le degré d'avancement des élèves, l'enseignant fera un choix dans les matières des autres chapitres qui présentent une gamme très riche et très variée d'applications.

Genova, Università.

A. NATUCCI

***. - *Atti del convegno sulle macchie solari.* Un vol. in-8 (Volume II, Tomo 2 delle Pubblicazioni del Comitato Nazionale per le manifestazioni celebrative del IV centenario della nascita di Galileo Galilei), di 266 pagine, con numerose figure e tabelle. G. Barbèra Editore, Firenze, 1966. Prezzo, non rilegato, L. 6.000.

***. - *Atti del convegno sui campi magnetici solari e la spettroscopia ad alta risoluzione.* Un vol. in-8 (Volume II, Tomo 4 delle Pubblicazioni del Comitato Nazionale per le manifestazioni celebrative del IV centenario della nascita di Galileo Galilei), di 346 pagine, con numerose figure e tabelle. G. Barbèra Editore, Firenze, 1966. Prezzo, non rilegato, L. 6.000.

Ces deux volumes font partie de toute la collection des Actes des divers Congrès organisés en Italie à l'occasion des Célébrations pour le IVe Centenaire de la naissance de Galileo Galilei et ils contiennent ce qui a été dit dans les deux congrès, qui ont eu comme sujet général la physique solaire. Il s'agit de volumes très intéressants, dans lesquels est fait le point sur les connaissances des différents sujets traités par les experts les plus accrédités. Je désire en outre signaler l'effort d'édition remarquable apporté du moment que l'inondation de novembre 1966 détruisit toutes les copies des volumes existant en magasin, déjà prêts à la vente. Malgré cela, la présentation typographique est bien soignée et de consultation agréable.

Tous les deux volumes sont subdivisés en chapitres qui concernent des aspects déterminés du sujet traité; chaque sujet est introduit par une communication faite par un expert, à laquelle font suite les diverses communications et discussions, toujours très intéressantes et qui souvent contribuent d'une manière déterminante à éclaircir les points les plus controversés.

Dans le premier volume, après une introduction magistrale de K. O. Kiepenheuer sur la phénoménologie des taches, ils faut signaler les rapports de R. G. Giovanelli sur les techniques d'observation en lumière blanche et de J. Rösch sur l'observation des structures fines des taches. L'analyse spectroscopique des taches a été traitée dans les relations de F. Van't Veer et de C. Zwaan, tandis que W. Mattig a exposé un aperçu sur la théorie de la formation des raies dans les taches. Nous faisons remarquer enfin la relation de conclusion de C. de Jager sur la structure physique d'une tache et la synthèse du symposium développée par M. G. J. Minnaert avec sa clarté habituelle et sa complétude. Les synthèses de ce niveau sont sûrement plus utiles qu'un article original dans des buts de recherche fondamentale.

On peut diviser idéalement le second volume en deux parties: une instrumentale et une théorique. La seconde, consacrée aux théories magnéto-hydrodynamiques, se rattache en maints points à ce qui a été dit à la réunion sur les taches; remarquables les rapports de F. W. Jäger sur les champs magnétiques solaires et de V. C. A. Ferraro sur les théories magnéto-hydrodynamiques solaires.

De la première partie sont vraiment remarquables les relations de J. Y. Brochard sur la spectroscopie à haute résolution et de G. W. Stroke sur les nouvelles techniques d'holographie optique à haute résolution. Très importante la vaste et moderne bibliographie que ces deux auteurs rapportent sur ces intéressants sujets. A signaler encore le texte de P. F. A. Klinkenberg sur l'effet Zeeman et celui, extrêmement clair, de J. W. Evans sur les magnétographes solaires.

Pour conclure, je pense que ces deux volumes doivent de force être consultés par tous ceux qui désirent se maintenir ou se mettre au courant sur ce que de moderne on a dit à propos des sujets traités dans les deux congrès mentionnés.

Firenze, Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

R. Falciani

G. M. Galli O. P. - *Spazio e tempo nella scienza moderna.* Parte I: *La geometria non euclidea.* Un vol. in-8, di 142 pagine, con 72 figure nel testo. Parte II: *Meccanica classica. Teoria della relatività. Cosmologia.* Un vol. in-8, di 252 pagine, con 18 figure nel testo e una tavola fuori testo. Edizioni Cremonese, Roma. Prezzo, rilegato, Lire 5.000.

L'Auteur de cet ouvrage en deux volumes est le Père Giuseppe Mario Galli O. P. Professeur de physique à l'Université de Florence et de philosophie scientifique à l'Université de S. Tomaso d'Aquino à Rome.

Comme l'exprime le titre, l'ouvrage traite de l'espace et du temps selon les conceptions modernes. L'histoire de l'évolution de celles-ci s'identifie avec l'histoire de l'évolution du rationalisme scientifique. En fait, les trois chapitres de la science, lesquels ont en grande partie contribué à diriger la réflexion critique sur les pouvoirs de notre intellect, sont: a) la mécanique classique; b) la géométrie non euclidienne; c) la théorie de la relativité. Dans l'élaboration de ces chapitres surgissent les plus grands génies de la pensée scientifique: Archimède, Newton, Einstein.

L'Auteur met en évidence cet aspect en exposant les trois chapitres précités de façon à démontrer au lecteur comment en est né le rationalisme moderne.

Les deux volumes comprennent avec des variantes considérables un cycle de conférences fait par l'Auteur devant les étudiants de la Faculté de philosophie de l'Université S. Tomaso d'Aquino à Rome sur l'évolution des idées d'espace et de temps. Cette circonstance explique le fait que l'on donne une importance prédominante à l'aspect épistémologique. Comme le fait remarquer l'Auteur, de la même circonstance ressort clairement que le livre ne s'adresse pas aux spécialistes ou aux professionnels de mathématique ou de physique, encore que quelques chapitres puissent être consultés utilement, aussi, par ces derniers. Il s'adresse au contraire à un public général, comme les philosophes, les naturalistes, les chimistes, les ingénieurs, etc., à savoir à ceux qui ont une préparation culturelle suffisante pour ces disciplines et ont un intérêt quelconque pour les sujets traités.

Dans la première partie, l'Auteur, en partant des principes fondamentaux de la géométrie ordinaire, arrive à conclure à la cohérence logique des postulats de la géométrie euclidienne et non euclidienne et à la vérité ou au caractère erroné des principes de la géométrie.

Dans la seconde partie, il expose la théorie de la relativité, en plaçant en évidence le renouvellement complet de la physique qu'elle a engendré, par ses nouveaux principes féconds. Ceux-ci, non seulement ont permis de coordonner d'une manière plus simple l'expérience passée, mais ont inspiré une série innombrable de nouvelles expériences, toutes couronnées de succès. Dans

l'avant-dernier chapitre est donné un bref résumé des conceptions cosmologiques d'aujourd'hui. Le volume se termine sur certaines sages réflexions à propos des rapports entre philosophes et science.

L'édition est très soignée et il est à prévoir que cet ouvrage non commun sera très apprécié.

Firenze, Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

G. ABETTI

W. R. ASHBY. - *Design for a Brain. The Origin of Adaptive Behaviour.* A vol. in-8, of x-286 pages, with figures and tables. Science Paperbacks and Chapman and Hall Ltd., London, 1966. Price, unbound, sh. 15 in U.K. only.

C'est là une réimpression de la seconde édition revue de 1960 qui reproduit à son tour, avec quelques modifications et avec l'adjonction d'un appendice de caractère mathématique, la première édition de 1952. Cela suffirait à témoigner de l'actualité de ce volume, qui peut être considéré, ensemble avec le célèbre *Cybernetics* de N. Wiener, comme l'un des classiques de la cybernétique.

La thèse de fond d'Ashby c'est que, pour étudier le comportement adaptatif du système nerveux, il est nécessaire de le considérer comme un système particulier élaborateur d'information. En dérive la nécessité de construire préliminairement un schéma théorique apte à encadrer le comportement de tous les systèmes qui élaborent des informations, indépendamment de leur constitution matérielle spécifique et de leur nature particulière, physique ou biologique. C'est là le point de vue classique interdisciplinaire de la cybernétique, lequel, se prévalant entre autre de l'apport de la théorie de l'information de Shannon, a conduit à la constitution d'une théorie générale abstraite de tous les mécanismes récepteurs, élaborateurs et émetteurs d'informations; théorie qui, en plus de cela et d'autres contributions D'Ashby, s'est prévalue des études du logicien mathématicien A. M. Turing et de celles, plus récentes, de Hartmanis, Mealy, von Neumann et d'autres, relatives aux ainsi dits automates finis. *Design for a Brain* représente l'une des premières contributions, dans l'ordre chronologique, à la théorie abstraite des mécanismes, ainsi qu'à l'application d'une telle théorie à l'étude du comportement des organismes vivants. A Ashby sont dus quelques résultats importants, qui trouvent une ample exposition dans ce volume, parmi lesquels il convient de rappeler surtout le projet et la construction d'une machine, l'ainsi dit homéostat, qui simule le comportement qui caractérise beaucoup de systèmes vivants dans leur adaptation au milieu. Mais plus et davantage que pour les contributions particulières, encore que considérables, contenues dans celui-ci, *Design for a Brain* représente encore aujourd'hui un classique de la cybernétique par certaines conséquences méthodologiques générales qu'Ashby ne néglige pas de souligner. Caractériser la structure générale abstraite d'un système qui s'adapte au milieu signifie, en fait, selon Ashby, imposer au système même certaines conditions très fortes de stabilité. Un système doué de capacité adaptative n'est rien d'autre, pour cela, qu'un cas particulier de système « dirigé vers un but », et est d'un grand intérêt philosophique la possibilité qu'offre la cyber-

nétique d'éviter, dans la description des systèmes de ce type, toute référence à des fins liées à des hypothèses traditionnelle de type téléologique.

Roma, Università.

M. NASTI

P. FLEURY e J. P. MATHIEU. - *Fisica generale e sperimentale.* (Dal trattato di J. Lemoine e A. Blanc). Opera completa in otto volumi in-8. Casa Editrice Zanichelli, Bologna.

VOLUME I: *Meccanica Fisica.* Pagine 494, con numerose figure e tabelle (1963). Prezzo, rilegato, L. 7.400.

C'est là le premier volume de l'ouvrage Physique générale et expérimentale que Fleury et Mathieu ont repris du traité de J. Lemoine et A. Blanc et dont seulement récemment la Maison Zanichelli a démarré la publication de la traduction italienne.

L'ouvrage s'articule en 8 volumes et il s'adresse non seulement aux étudiants et aux chercheurs qui doivent appliquer les notions de la physique dans le domaine de leur activité spécifique, mais aussi au grand public désireux de suivre l'évolution des conquêtes modernes dans le domaine de la physique.

Les concepts fondamentaux sont toujours introduits sur la base de descriptions expérimentales (un signe typographique apposé contre-distingue les expériences que les auteurs exécutent effectivement dans les cours universitaires impartis par eux: ce signe constitue une invitation pour le lecteur à reproduire l'expérience).

Les expositions théoriques ont été effectuées surtout en vue de la coordination des résultats obtenus.

L'ouvrage a été divisé en huit volumes.

1) Mécanique physique.
2) Chaleur, thermodynamique, état de la matière.
3) Vibrations. Acoustique.
4) Images optiques. Interférences.
5) Emission, absorption, propagation de la lumière.
6) Electrostatique. Magnétisme. Courants continus.
7) Courants variables. Ondes électromagnétiques.
8) Structures atomiques moléculaires. Transmutations.

Dans ce premier volume de l'ouvrage, après deux chapitres consacrés respectivement à une introduction générale à l'étude de la Mécanique et aux mesures, unités de mesure et précision, les auteurs abordent l'étude de la Statique et de la Dynamique du point et des solides. A l'étude de la Statique sont consacrés cinq chapitres, tandis qu'à l'étude de la Dynamique en sont consacrés neuf.

L'exposition est précédée de quelques tableaux sur les unités géométriques et mécaniques et sur leurs abréviations, sur les unités de mesure mécaniques dans les divers systèmes et sur quelques formules de calcul approché.

Terminent le volume les index alphabétiques des tableaux et des matières.

Available From October 1959

CONTEMPORARY PHYSICS

A Journal of Interpretation and Review

Editor:
G. R. Noakes, M. A., F. Inst. P.

Editorial Board:

Consultant Editors:
Sir Lawrence Bragg, O.B.E., M.C., M.A., D.Sc., F.R.S.
Sir George Thomson, M.A., D.Sc., F.R.S.

Advisory Editors:
Professor L.F. Bates, Ph.D., D.Sc., F.R.S.
Dr. K. A. G. Mendelssohn, F.R.S.
Dr. F. A. Vick, O. B. E.

This new Journal will feature surveys of recent advances in physics, and interpretations of new theoretical concepts, both at a relatively elementary level, suitable for teachers in schools and colleges and for industrial scientists. It will also contain papers on the historical, philosophical, and educational aspects of the subject. It should commend itself strongly to the teacher who wishes to gain a first-hand picture of physics in Britain, contributed by many of its leading figures. The educational problems of syllabus, treatment, training and supply of teachers, and equipment that are common to both countries will be discussed in a regular series of articles by experts.

Price per part 5s. od. (660 L.) plus postage

Subscription price per volume (6 parts) 40s. (3.540 L.) post free, payable in advance

Printed and Published by

TAYLOR & FRANCIS LTD
Red Lion Court, Fleet Street, London, E. C. 4, England

RECUEIL DES TRAVAUX CHIMIQUES DES PAYS-BAS

Fondé en 1882 par

W. A. van Dorp, A. P. N. Franchimont, S. Hoogewerff, E. Mulder et A. C. Oudemans.

Publié par la
Société Royale Chimique Néerlandaise

Le «Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas» n'accepte en général à l'impression que les communications des membres de la Société Royale Chimique Néerlandaise. Pour faire partie de cette Société s'adresser au Secrétariat:

Burnierstraat 1, La Haye.

Le Recueil contient des travaux rédigés en français, anglais ou allemand et paraît autant que possible tous les mois en livraisons de grandeur variable. On s'abonne chez la Société susdite, Burnierstraat 1, 's-Gravenhage (Hollande), et chez tous les librairies des Pays-Bas et de l'étranger. Le prix de l'abonnement est de 120 florins pour les Pays-Bas et de 125 florins pour l'étranger.

Bureau de la Rédaction:
Burnierstraat 1, La Haye.

REVISTA ESPAÑOLA DE FISIOLOGIA

Fundada en 1945, publica trabajos de investigación sobre temas de Fisiología humana normal y patológica, Fisiología animal y comparada y Bioquímica.

Los cuatro números publicados cada año forman un volumen.

Cada artículo lleva un extenso resumen en inglés.

Precio de suscripción anual:

España, 400 pesetas.
Extranjero, 8 $ U. S. A.

Redaccion y Administracion:

REVISTA ESPAÑOLA DE FISIOLOGIA
APARTADO, 273 - PAMPLONA (España)

Journal de Chimie Physique

Le **Journal de Chimie Physique,** fondé en 1903 par Ph. GUYE, a été repris par la Société de Chimie Physique, en 1923. La direction scientifique du Journal est assurée par trois Comités: belge, français et suisse. Le **Journal de Chimie Physique,** est un véritable organe international qui publie les mémoires de Chimie Physique de savants français et étrangers. Il est par conséquent indispensable à tous ceux qui désirent se tenir au courant des progrès de la Chimie Physique. Il forme chaque année un volume de plus de 800 pages contenant, en dehors des mémoires originaux, les procès verbaux scientifiques de la Société de Chimie Physique fondée à Paris en 1908, et des mises au point.

Prix de l'abonnement:

Abonnés ordinaires:

France	120 NF
Étranger	150 NF

Membres de la Société de Chimie-Physique:

France	75 NF
Étranger	90 NF

LIBRAIRES. — Les abonnements pris par les libraires ne sont acceptés qu'aux prix de 120 NF pour la France et 150 NF pour l'étranger.

Adresser les demandes de spécimens et demandes d'abonnements **au Trésorier de la Société de Chimie Physique, 8 rue Cuvier PARIS Ve**

VOLUME II: *Calore. Termodinamica. Stati della materia.* Pagine 556, con numerose figure e tabelle (1964). Prezzo, rilegato, L. 7.400.

C'est là le second volume de l'ouvrage de Physique générale et expérimentale que Fleury et Mathieu ont repris du traité de J. Lemoine et A. Blanc.

Dans ce volume sont traités les phénomènes dans lesquels interviennent des variations de température, des échanges de chaleur et un changement d'état.

Les auteurs, après avoir rappelé les notions classiques de la thermodynamique, montrent comment les principes de la thermodynamique ont permis de prévoir qualitativement et aussi quantitativement de nombreux phénomènes.

Les quatre premiers chapitres sont consacrés respectivement à des notions fondamentales sur les transformations thermiques et thermodynamiques, à la dilatation des solides, des liquides et des gaz, à la thermométrie et à la calorimétrie.

Suivent quatre chapitres consacrés à la thermodynamique et six consacrés à la structure de la matière. Cinq chapitres sont enfin consacrés aux changements d'état et cinq à des applications diverses. Il nous plaît de souligner qu'entre les applications diverses sont introduits aussi des éléments de météorologie.

Ce volume, également, se termine par trois index alphabétiques des tableaux et des matières.

VOLUME III: *Vibrazioni meccaniche. Acustica.* Pagine 334, con numerose figure e tabelle (1964). Prezzo, rilegato, L. 6.800.

C'est là le troisième volume de l'ouvrage Physique générale et expérimentale que Fleury et Mathieu ont repris du traité de J. Lemoine et A. Blanc.

Bien qu'il y ait déjà deux mille ans que Pythagore a signalé les relations existantes entre la longueur des cordes vibrantes et la hauteur des sons produites par elles, toutefois, ce n'est qu'à partir du 18e siècle que l'étude théorique et pratique approfondie des conditions pour lesquelles les sons sont émis et perçus eut un développement. Il y a une cinquantaine d'années on croyait que les résultats essentiels étaient désormais tous atteints; cependant, de nouveaux progrès ont été faits tant dans le domaine de la phonation que dans celui de l'audition; de nouvelles méthodes et appareils de mesure ont été introduits et de nouvelles applications importantes en sont dérivées soit pour les transmissions téléphoniques, soit pour l'enregistrement et la reproduction de la parole et des sons, soit pour la réalisation de nouveaux instruments de musique.

On sait comment les raisonnements et les expériences propres à l'acoustique physique ont été étendus au cas des vibrations plus rapides et plus lentes que celles qui engendrent les sons audibles. Certaines de ces vibrations, qui intéressent la majeure partie de nos véhicules et de nos machines, constituent une cause de désagrément et peuvent avoir également des effets destructeurs (on nous force donc à les réduire), alors que certains autres peuvent être d'un secours précieux dans maints domaines d'applications techniques.

Les cinq premiers chapitres sont consacrés aux mouvements vibratoires, tandis que les trois successifs sont consacrés aux ondes élastiques.

Suivent quatre chapitres consacrés respectivement aux sources d'ondes acoustiques, aux récepteurs physiques d'ondes acoustiques, à l'oreille et à l'ouïe et enfin aux notions d'acoustique musicale architectonique. Dans le

chapitre consacré aux récepteurs physiques d'ondes acoustiques sont également traités à fond l'enregistrement et la reproduction des sons.

Ce volume également se termine par trois index alphabétiques des tableaux et des matières.

VOLUME IV: *Immagini Ottiche*. Pagine 578, con moltissime figure e tabelle nel testo e VIII tavole fuori testo (1966). Prezzo, rilegato, L. 7.400.

Après trois chapitres initiaux contenant des notions introductives sur les concepts fondamentaux de l'Optique, les Auteurs exposent la théorie géométrique basée sur le schéma des rayons de lumière et limitée à l'approximation de Gauss (5 chap.), tandis que dans les deux chapitres suivants ils abordent le problème des aberrations chromatiques et monochromatiques. Ensuite après avoir exposé les notions fondamentales de l'optique cristallographique et de la polarisation de la lumière, ils traitent de l'interférence et de la diffraction (5 chap.). Dans les derniers six chapitres on traite des instruments optiques et des techniques pour leur construction.

L'exposition de toute cette matière est faite d'une façon telle, que tout en étant conduite avec une rigueur remarquable, elle se base en général plus sur l'intuition immédiate que sur le calcul. Les longs calculs caractéristiques de certaines branches de l'optique ont été savamment évités et ont cédé la place à la description d'une quantité d'expériences, de instruments, d'applications, etc. d'un intérêt bien plus vif pour les physiciens. Avec cela on ne veut pas dire que l'ouvrage soit dépourvu de formules; tout au contraire!

Il faut aussi noter que les deux domaines, optique géométrique et optique ondulatoire, ont été envisagés autant que possible comme deux méthodes complémentaires d'exposition plutôt que comme deux antithèses. L'ouvrage est pourvu d'une quantité de diagrammes et de belles photos des phénomènes d'interférence et de diffraction.

VOLUME V: *La luce, emissione, assorbimento, propagazione*. Pagine 568, con moltissime figure, tabelle e X tavole (1966). Prezzo, rilegato, L. 7.400.

On peut appeler complement du tome quatrième (Images Optiques) ce tome cinquième de la Physique Générale et Expérimentale de Mrs. Fleury et Mathieu. Les Auteurs y approfondissent certains sujets de l'optique, tels que la nature de la lumière, la détermination de sa vitesse, les mesures de sa polarisation, la photométrie, etc. qui dans le tome précédent avait été, pour ainsi dire, seulement effleurés, et, d'un autre coté, y exposent des arguments nouveaux: spectroscopie interférentielle, formules de Fresnel pour la photométrie des phénomènes de réflection et réfraction, spectrophotométrie, colorimétrie, diffusion de la lumière, relativité, spectre des atomes et des molécules, photons et effet Compton, applications géophysiques, astrophysiques et biologiques, etc. Tout en approfondissant les concepts physiques, le niveau de l'exposition ne diffère point de celui du tome précédent, et pour avoir une idée de l'usage modéré que les Auteurs font des déductions mathématiques et formelles il suffit de dire que les équations de Maxwell sont écrites au complet seulement dans un des derniers chapitres en vue de donner des renseignements sur des questions relativistes. Cela n'ôte rien à l'intérêt de l'ouvrage, dans

lequel les Auteurs ont su réunir une excellente selection de cette immense matière qui constitue l'optique contemporaine.

VOLUME VI: *Elettrostatica, Corrente Continua, Magnetismo.* Pagine 570 con numerose figure e tavole (1964). Prezzo, rilegato, L. 7.400.

VOLUME VII: *Correnti variabili, Onde Elettromagnetiche.* Pagine 406, con numerose figure e tabelle (1965). Prezzo, rilegato, L. 7.400.

Ces deux livres, qui font partie de l'ouvrage « Physique Générale et Expérimentale » en 8 vol. publié par Mrs. P. Fleury et J. P. Mathieu, constituent en eux seuls un traité complet d'Electricité et Magnetisme.

La tendance à moderniser l'exposition d'une telle matière a porté certains Auteurs à des changements radicaux qui se sont révélés défectueux du point de vue didactique, mais Mrs. Fleury et Mathieux n'ont pas commis cette faute, et ils ont suivi autant que possible la méthode historique. Ainsi, pour ce qui regarde l'Electricité, on commence par la description des phénomènes électrostatiques et l'énoncé de la loi de Coulomb. L'étude du Magnétisme au contraire, est essentiellement basé sur la notion de moment magnétique adhérent bien à la réalité physique, tandis que la notion fictive de charge magnétique, sans être ignorée, est réduite au rôle de notion historique.

En ce qui concerne les systèmes de mésure tout en soulignant l'importance du système Giorgi, les Auteurs n'ont pas ignoré les systèmes électrostatique et électromagnétique, ce qui était indispensable dans un traité qui peut être également utilisé pour des cours universitaires et pour la consultation.

L'ouvrage insiste sur la description des faits expérimentaux et des applications (introduisant naturellement tous les algorythmes mathématiques nécessaires), mais dans certains cas, les Auteurs parviennent à des explications claires et intuitives pour des phénomènes qui, comme p. e. la théorie des semiconducteurs, trouve une exposition rigoureuse seulement dans les théories quantiques étrangères à cette partie de l'ouvrage. On peut aussi ajouter que l'ouvrage atteint le but d'être épuisant dans un champ où les faits connus augmentent avec une grande rapidité (citons à ce propos deux chapitre, l'un sur le magnétisme en geophysique et astrophysique, l'autre sur l'electro-physiologie).

Avec ça nous pensons avoir mis en evidences beaucoup des mérites de cet excellent ouvrage qui est présenté en langue italienne par l'editeur Zanichelli.

VOLUME VIII: *Atomi. Molecole. Nuclei.* Pagine 358, con numerose figure, tabelle e XII tavole (1965). Prezzo, rilegato, L. 7.400.

C'est là le huitième volume de l'ouvrage de Physique générale et expérimentale que Fleury et Mathieu ont repris du traité de J. Lemoine et A Blanc.

Ce volume, consacré aux principaux aspects de la physique moderne, débute par un rappel aux résultats obtenus en électricité et en optique, résultats dont l'interprétation se base parfois sur les mouvements des corpuscules et parfois sur la transmission de l'énergie au moyen des ondes.

Le volume successivement est divisé en deux parties dont la première a un caractère plus théorique que la seconde. Il était en effet nécessaire de placer à l'origine les bases de la mécanique ondulatoire, qui permet d'effectuer une

synthèse des faits jadis jugés contradictoires, de façon à pouvoir arriver à une représentation satisfaisante de la structure des atomes, des molécules, des liquides et des cristaux, en présentant une explication actuelle des règles quantiques déjà connues.

Le premier chapitre est consacré aux corpuscules et aux ondes. Suivent cinq chapitres consacrés à la mécanique ondulatoire et aux statistiques quantiques. Dans les sept chapitres successifs sont décrites les transmutations radioactives et artificielles et les structures nucléaires.

Termine le volume et l'ouvrage un chapitre de conclusion renfermant des observations sur l'étude de la physique. Dans ce chapitre est avant tout étudiée l'importance de la physique dans l'éducation moderne. Successivement est exécutée une étude épistémologique de la physique. Suivent des considérations sur l'application de la mathématique en physique et sur la contribution que la physique a fourni aux différentes sciences et techniques.

Ce volume aussi se termine par trois index alphabétiques des tableaux et des matières.

Firenze, Osservatorio Astrofisico di Arcetri.
Catania, Osservatorio Astrofisico.

G. Calamai
G. Godoli

***. - *The Metal Plutonium.* Edited by A. S. Coffinberry and W. N. Miner. A vol. in-8, of 450 pages. The University of Chicago Press, Chicago, 1961. Price, bound, Doll. U.S.A. 9,50.

Après les Conférences spécialisées de ces dernières années, voici finalement publiés en volume, d'une élégante présentation, les données actuellement disponibles sur les propriétés et les applications du plutonium. Le volume rassemble une trentaine de brèves monographies rédigées par des Spécialistes connus.

A une vaste revue historique du plutonium en tant qu'élément chimique, qui s'étend ensuite à l'évolution de sa métallurgie physique et extractive, en se terminant par un tableau de la situation actuelle et des perspectives de l'avenir, fait suite la partie centrale, et la plus importante, du livre, consacrée à présenter les résultats des recherches développées dans les différents Laboratoires, avec une discussion approfondie de la métallurgie du plutonium et de ses alliages. Les chapitres de conclusion discutent enfin des applications des alliages et des composés du plutonium comme combustibles dans les réacteurs nucléaires.

L'impression que l'on tire de la lecture du volume « The Metal Plutonium » est que les mystères des caractéristiques exceptionnelles de ce premier élément « synthétique » produit à l'échelle industrielle sont encore bien loin d'être résolues. Mais la synthèse qui nous est présentée aujourd'hui, en mettant en relief les résultats acquis, présente surtout les possibilités offertes encore aux métallurgistes et aux physiciens de l'état solide par cet intéressant sujet de recherche.

* * *

H. STREHLOW. - *Magnetische Kernresonanz und chemische Struktur*. Ein Band in-8 (*Fortscritte der physikalischen Chemie*, Vol. 7), von 180 Seiten, mit 94 Abbildungen und XII Tabellen. Dr. Dietrich Steinkopff Verlag, Darmstadt, 1962. Preis, geh., DM 36.

Le volume est présenté par l'Auteur comme une introduction à la recherche ou à la pratique industrielle dans le domaine de la résonance magnétique nucléaire. Son contenu dépasse pourtant largement ces limites restreintes, comme il ressort clairement de la rigueur de l'exposition des fondements physiques de la nouvelle technique, ainsi que du caractère complet des chapitres successifs qui illustrent, avec une abondance de références bibliographiques, les résultats déjà obtenus et les applications possibles.

Pour la recherche structurale, la résonance magnétique nucléaire, sortie seulement récemment de la phase de développement instrumental, est peut-être comparable à la spectroscopie infra-rouge. Le volume du Dr. Strehlow, spécialiste d'éminente réputation, nous offre une synthèse à jour des possibilités et des limites de cette nouvelle et élégante méthode physico-chimique, et il contribuera sûrement à sa diffusion et à son application correcte dans les laboratoires chimiques.

Genova, Università, Istituto di Chimica Applicata.

V. LORENZELLI

R. MASINI. - *La Terra vista da un Naturalista*. Un vol. in-8, di XX-368 pagine, con 30 figure nel testo e IV tavole. Nistri-Lischi Editore, Pisa, 1968. Senza indicazione di prezzo.

Ce livre de Romeo Masini, privat-docent libre de géologie à l'Université de Pise, a un caractère de vulgarisation et il est compréhensible par quiconque a de l'intérêt pour l'étude des phénomènes naturels qui ont lieu sur notre Terre.

Vaste est le domaine des sciences comprenant l'étude de la Terre dans ses divers aspects géologiques et géophysiques. Alors que l'on a fait beaucoup de progrès dans ceux-ci depuis un temps relativement récent dans lequel on a fait démarrer des recherches avec les méthodes scientifiques modernes, on doit reconnaître que les mystères de son origine et de sa constitution, de ce que l'on peut appeler la vie de ce corps céleste, sont encore très nombreux et tous ne pourront pas être dévoilés au cours du temps. Il suffit de penser combien peu on connaît de l'intérieur de la Terre. Il est vrai qu'au jour d'aujourd'hui se sont intensifiés, également pour la recherche des hydrocarbures, les forages qui pourtant n'arrivent qu'à sonder les premières couches de la croûte terrestre. Il est vrai que les possibilités, toujours en plus grand développement, de lancer des hommes dans les parties les plus élevées de l'atmosphère terrestre, ou simplement en dehors d'elle, a conduit à des progrès très considérables dans la connaissance de la grande enveloppe qui entoure la Terre. En outre, l'étude toujours plus soignée de la morphologie et de la géologie de la Lune permet d'étudier l'ensemble de sa surface et d'en tirer des conséquences justement pour la morphologie et la géologie de la Terre.

L'Auteur part des volcans et des séismes, après avoir donné une idée gé-

nérale du système solaire. Suit l'exposition de l'atmosphère, de l'hydrosphère, de la croûte terrestre, de l'origine des roches, des gisements métalliques, des eaux souterraines, des sources et des manifestations endogènes.

Dans l'examen de la Terre fait par un Naturaliste ne pouvait faire défaut l'étude de la vie organique et celle physique de la Terre, comme on l'apprend de ses ères géologiques.

Dans les derniers chapitres, l'Auteur, en traitant des marées et des théories qui en découlent, s'évade ensuite de la Terre pour jeter un regard sur l'univers duquel elle fait partie.

Firenze, Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

G. ABETTI

F. RONNER. - *Systematische Klassification der Massengesteine.* Ein Band in-8, von XVI-380 Seiten, mit 85 Abbildungen. Springer-Verlag, Wien, 1963. Sans indication de prix.

Suivant le développement logique de toutes les sciences, depuis longtemps on a cherché à classifier les roches. Les critères taxonomiques sont nombreux: composition minéralogique ou chimique, conditions géologiques, âge, structure, etc. La multiplicité même des classifications possibles est la preuve qu'il n'y en a pas qu'une seule qui soit généralement valable et satisfaisante. Le Prof. Ronner en propose une nouvelle des roches éruptives. La classification dérive principalement de celle de Johannsen, et utilise les ouvrages bien connus de Tröger; elle est basée sur la composition minéralogique modale quantitative. Sa nouveauté réside surtout dans la différence des limites de composition des classes: ces limites Johannsen les avait choisies symétriques, ce qui fausse certains des caractères naturels des groupements. De Tröger, qui s'était surtout appliqué à déterminer la composition modale d'un très grand nombre de roches mais avait suivi la classification chimique de Niggli, l'A. utilise les résultats des déterminations modales. La nouvelle classification est présentée dans la première partie du livre et est précédée par un cinquantaine de pages de justification du procédé de la division des groupes, de la nomenclature des roches (basée sur la composition minéralogique) et de la représentation graphique choisie. A peu près mille roches sont ainsi groupées en une quarantaine de *familles*, à leur tout réunies en huit *groupes de familles*. Il n'est pas possible d'analyser en détail ici la nouvelle classification: comme dans chacune des autres, on y trouve des raisons d'accord et de désaccord. Une, de principe, de ces dernières est que, à la limite mais probablement dans beaucoup de cas, une coupe mince d'un échantillon devrait donc suffire pour déterminer une roche, sans tenir compte des conditions géologiques, d'origine, etc.. Une autre, de détail, est l'absence, dans la liste des équivalents des nouveaux noms proposés, des noms de roches communs depuis longtemps, comme, par ex., *dolérite* ou *basanite*. La complexité du problème de la classification ressort dans la deuxième partie du livre (pp. 149-357). L'A. y discute critiquement, très en détail et longuement, un peu trop même parfois, les classifications qui ont été avancées, depuis Werner jusqu'à nos jours, leurs bases et leurs résul-

tats; l'exposé est en même temps presque une histoire de la pétrographie. Vingt-quatre pages de références bibliographiques et deux tables, l'une pour la détermination des roches par la classification proposée, l'autre des caractères minéralogiques des différentes familles des roches, terminent le livre qui mérite d'être discuté par les pétrographes.

* * *

A. N. Zavaritskii and V. S. Sobolev. - *The Physicochemical Principles of Igneous Petrology*. A vol. in-8, of 414 pages, with 252 figures and VII tables. Oldbourne Press, London, 1964. Sans indication de prix.

Le livre est la traduction en anglais (dans le cadre de « Israel Program for Scientific Translations ») d'une élaboration, publiée en 1961 en URSS par V. S. Sobolev, des importants ouvrages (en partie bien connus et appréciés en Occident aussi) de A. N. Zavaritskii (= Sawarizki, translittération des allemands), parus entre 1926 et 1950. V. Sobolev non seulement a recueilli et coordonné les matériaux laissés par Zavaritskii, mais a apporté des contributions importantes au nouveau texte.

La première partie commence par deux chapitres de généralités sur les principes de la thermodynamique chimique et sur les diagrammes employés en chimie-physique, en particulier sur ceux de cristallisation, qui représentent les variations des phases en fonction des variations de la température et de la composition des systèmes. Les chapitres III à V (pp. 37-132) passent en revue les différents cas d'équilibre des systèmes hétérogènes binaire, ternaires et quaternaires sans composants volatiles, et les types correspondants des diagrammes: sont examinés les cas théoriquement possibles selon les rapports de solubilité, le potentiel thermodynamique, etc., des composants. Le sixième chapitre donne un aperçu des méthodes employées pour établir les diagrammes en particulier ceux qui intéressent la pétrographie. La deuxième partie (chap. VII à XII, pp. 138-295) commence par considérer les caractères généraux des composés silicatiques à l'état de fusion et de leurs verres; on passe ensuite à examiner la cristallisation de ces systèmes, naturels et synthétiques. Le chapitre XII étudie rapidement quelques associations naturelles de minéraux (roches) du point de vue des conditions physico-chimiques de leur formation. La troisième partie (chap. XIII et XIV, pp. 296-399) traite des systèmes à composants volatiles, des différents cas d'équilibre qu'ils peuvent présenter et des diagrammes correspondants, en donnant des nombreux exemples de systèmes naturels de silicates avec H_2O, H_2, F, CO_2. Le volume termine par une liste bibliographique, avec l'indication des publications d'une trentaine d'auteurs russes et de publications traduites en russe d'auteurs occidentaux; et par un appendice très utile dans lequel les traducteurs expliquent la méthode de calcul des caractéristiques pétrochimiques de Zavaritskii.

L'exposé didactique général de la première partie et les exemples et les discussions des données naturelles et expérimentales des parties suivantes sont très efficaces et originaux, bien au courant des résultats des études récentes: les AA. ont eu l'évident avantage de pouvoir se servir des travaux très nombreux de leurs collègues d'Europe Orientale. La traduction et la présentation

CASSA DI RISPARMIO
DELLE PROVINCIE LOMBARDE

FONDATA NEL 1823

DIREZIONE IN MILANO
362 DIPENDENZE

TUTTE LE OPERAZIONI DI BANCA

ISTITUTO BANCARIO SAN PAOLO DI TORINO
FONDATO NEL 1563

•

Tutte le operazioni di
banca, borsa, cambio

LE ASSICVRAZIONI D'ITALIA
Capitale L. 3.000.000.000

Società collegata con l'Istituto
Nazionale delle Assicurazioni

00198 ROMA, Via Po, 3

AESSE

Apparecchi e strumenti scientifici ed elettrici

Corso Lodi 47 - Telefoni: 580.792 - 580.907
20139 MILANO

OFFICINE GALILEO
50134 FIRENZE
Via C. Bini, 44

Pompe e apparecchiature per Alto Vuoto - Strumenti elettrici di misura da quadro, portatili e da laboratorio - Strumenti ottici, scientifici e per laboratorio - Strumenti topografici e fotogrammetrici.

---

olivetti

Macchine per scrivere - Addizionatrici
Calcolatori scriventi - Macchine contabili
Macchine per contabilità e statistica
Telescriventi - Schedari e classificatori
Mobili metallici - Macchine utensili di precisione

CASSA DI RISPARMIO DI ASTI
Sede Centrale: 14100 ASTI

N. 4 Agenzie di Città
N. 32 Filiali in Provincia

Depositi al 31/3/1968: 83.000.000.000
Patrimonio: 1.963.000.000

BANCA POPOLARE DI MILANO
Fondata nel 1865

•

TUTTE LE OPERAZIONI DI BANCA

CASSA DI RISPARMIO
di VERONA VICENZA e BELLUNO

118 Dipendenze in Provincia di
Verona, Vicenza, Belluno e Mantova

275 miliardi di attività amministrate

CO • GE • CO

Compagnia Generale Contatori S. p. A.
20143 MILANO - Viale Cassala, 16 - Tel. 848.19.54-848.25.87

Contatori elettrici ad induzione, banchi automatici di verifica e taratura contatori, trasduttori elettro-magnetici a magnetizzazione forzata, motoriduttori, programmatori a motorino sincrono per apparecchiature elettrodomestiche, motorini sincroni monofasi autoavviantisi, orologi contaore per il controllo dei tempi di produzione.

SORIN

Società Ricerche Impianti Nucleari
13040 SALUGGIA (Vercelli)

RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA - INGEGNERIA NUCLEARE - IRRAGGIAMENTI GAMMA E NEUTRONICI - RADIOISOTOPI E ATTREZZATURE RELATIVE PER USO MEDICO E INDUSTRIALE.

NISTRI
IMI
ROMA

Strumenti aerofotogrammetrici - Strumenti di bordo per l'aeronavigazione e controllo motori - Impianti per l'ossigeno liquido e gassoso per uso aeronautico - Sistemi di navigazione autonoma - Apparecchiature ottico-meccaniche ed elettroniche - Contatori elettrici, monofase, trifase, speciali e di controllo - Tassametri - Parchimetri.

BARLETTA
APPARECCHI SCIENTIFICI
20121 MILANO - Via Fiori Oscuri, 11
Telefoni 865.961 - 865.963 - 865.965

Apparecchi scientifici per analisi, controlli e ricerche nei campi della chimica, fisica, meccanica, elettronica, energia nucleare - Calcolatori elettronici analogici - Mobili moderni da laboratorio.

typographique sont très bonnes. Une table analytique des auteurs, des systèmes et des matières aurait été un complément utile.

Torino, Università.

A. DEBENEDETTI

C. MENNELLA. - *Il clima d'Italia.* Nelle sue caratteristiche e varietà e quale fattore dinamico del paesaggio. VOLUME PRIMO: *Il clima d'Italia in generale.* Con ampia introduzione sul clima del Mediterraneo e su quello delle aree contigue. Un vol. in-4, di 718 pagine, con 112 figure. Editrice E.D.A.R.T., Napoli, 1967. Prezzo, rilegato, L. 18.000.

De très nombreux écrits traitent des éléments climatiques de notre pays et par les soins d'observatoires météorologiques et de bureaux d'état ont été publiées de longues séries de données, souvent difficilement disponibles, alors que manquait encore un ouvrage organique qui exposât l'état de nos connaissances sur le climat de l'Italie. Souhaitons donc la bienvenue à ce gros volume de Mennella, Directeur de l'Observatoire géophysique de Casamicciola, dans lequel on étudie de façon exhaustive tous les éléments du climat. La documentation rapportée est la plus vaste possible, en ce qu'ont été utilisées toutes les sources disponibles, qu'il aurait été toutefois opportun d'indiquer de façon étendue à la fin de chaque chapitre ou bien dans une note bibliographique finale.

L'ouvrage se divise en 20 chapitres, qui sont précédés par une ample introduction (p. 9-141) qui traite du climat de la Méditerranée, de manière à constituer un encadrement opportun du thème traité; dans celle-ci sont rapportées les données essentielles pour bien soixante-dix localités. Mais l'examen des éléments climatologiques apparaît détaillé surtout pour l'Italie et l'examen ne se borne pas aux seules moyennes mensuelles et annuelles, mais il est poussé jusqu'aux particularités les plus détaillées; on y évalue en fait les valeurs maxima et minima, la fluctuation des moyennes dans des périodes différentes, les valeurs exceptionnelles, le domaine de variation des phénomènes isolés dans les diverses localités de la Péninsule, l'allure séculaire, le degré de fiabilité des diverses séries d'observations, etc. Particulièrement détaillés apparaissent les chapitres sur la température de l'air (p. 245-404) et sur les pluies (p. 405-561); dans le premier on fait mention des extrêmes thermiques qui se sont vérifiés dans des circonstances exceptionnelles, de l'infléchissement de la courbe thermique annuelle, des moyennes décadiques, des corrélations entre phases et saisons dans des hasards particuliers; dans le second on étudie tous les aspects, qualitatifs et quantitatifs du phénomène, les diverses fréquences, les intensités, l'abondance, la périodicité dans les diverses manifestations, l'interprétation des régimes pluviométriques, etc. D'autres chapitres d'intérêt considérable concernent l'humidité de l'air (p. 562-93), tant absolue que relative, la neige (p. 620-38) et les vents (p. 214-44), dont sont rapportés la vitesse dans les divers mois et dans les saisons pour de nombreuses localités, ainsi que le comportement en quotité jusqu'à la limite supérieure de la troposphère. Egalement bien documentée est l'exposition des orages (p. 639-54) et des chutes de grêle (p. 655-62). Il est également fait mention des recherches accomplies

dans le domaine de la climatologie dynamique, concernant la succession des diverses masses d'air, des fronts, des perturbations.

La partie illustrative consiste en 112 cartes et graphiques, pour la plus grande part de seconde main, distribués dans le texte, qui est accompagné aussi d'un grand nombre de tableaux.

Pour conclure, il s'agit d'un ouvrage vaste et bien documenté, qui loin de constituer une énumération passive des données, fournit une coordination organique de faits et de problèmes et forme une exploration d'ensemble et globale du comportement de l'atmosphère de notre pays. Nous souhaitons pour cela que puissent suivre bien vite les deux autres volumes, destinés à illustrer en détail le climat des différentes régions italiennes.

Roma.

E. MIGLIORINI

J. TRICART. - *Géomorphologie des régions froides.* Un vol. in-8, de 290 pages, avec 38 figures et XII planches hors texte. Presses Universitaires de France, Paris, 1963. Prix, broché, 24 F.

La morphologie terrestre dans son développement durant les dernières décades a affirmé son évolution spécialement dans deux directions: d'une part l'étude toujours plus intime des processus morphogéniques, autant que possible également dans un sens quantitatif, de l'autre la démonstration des diversités que les processus et donc le relief du sol assument sous la domination, directe ou indirecte, des caractères du climat. Aujourd'hui, pourtant, traiter, comme dans ce livre du prof. Tricart, d'une « géomorphologie des régions froides » ne veut pas dire, en effet, une analyse régionale de certaines parties de la terre, comme celles polaires ou de haute montagne, mais signifie essentiellement l'examen des phénomènes géo-dynamiques et des formes de la lithosphère capables de se développer dans des milieux où les basses températures sont la régle.

Le livre se divise en quatre parties, dont on peut considérer la première comme introductive, retraçant la diffusion géographique des manifestations géomorphologiques « du froid » dans le présent (extension des glaciers, diffusion du gel) et durant l'ère quaternaire (succession des périodes froides, diffusion de leurs manifestations, modalités selon lesquelles elles se développent). Les deux autres parties traitent respectivement du modelé périglaciaire et de celui glaciaire. Ainsi que l'on sait, l'étude intensive des manifestations, morphologiques et pédologiques, communément dites périglaciaires (et aussi cryonivales ou autrement, mais l'Auteur ne soulève pas de questions terminologiques) est plutôt récente; et pourtant a déjà été mise en évidence leur importance, qui ressort de l'exposition très vaste de Tricart, encore que conduite sur un plan essentiellement analytique (aujourd'hui encore 25% des terres émergées subissent l'influence géomorphologique du froid, plus de 40% dans le Quaternaire). On prend en examen les particularités de la pédogénèse dans les zones périglaciaires, les sols et autres microformes dues à l'action du gel, le modelé des versants et enfin les modalités spéciales démontrées en milieu froid par les

actions morphogénétiques de processus généraux présents aussi sous d'autres climats.

La troisième partie, la plus étendue, se révèle moins originale, en ce qu'elle traite de sujets depuis longtemps déjà étudiés et discutés, tels que la dynamique glaciaire, les formes élémentaires de l'action morphologique de la neige et des glaciers (en particulier les cirques), le modelé du sol subglaciaire, les phénomènes à la marge glaciaire, avec les formes d'accumulation qui en résultent, les conséquences morphologiques des phases alternées de progrès et de régression des glaciers; enfin les conséquences indirectes, à savoir les oscillations eustatiques et les déformations glacio-eustatiques.

Riche la bibliographie à la fin de chaque chapitre, dans laquelle apparaissent aussi quelques ouvrages italiens; généralement très démonstratives les photographies (plus d'une vingtaine) et efficaces aussi les nombreux dessins et esquisses cartographiques.

Firenze, Università, Istituto di Geografia.

A. Sestini

F. Loreti. - *Compendio di Anatomia sistematica dell'uomo.* Seconda edizione riveduta, aggiornata e notevolmente ampliata. Un vol. in-8, di XL-874 pagine, con 46 figure. Casa Editrice Libraria Rosenberg & Sellier, Torino, 1966. Prezzo, rilegato, L. 14.000.

La 2e édition de ce Compendium si bien connu se présente considérablement augmentée et surtout enrichie de notes à jour par rapport à la précédente, publiée il y a 15 ans et qui obtint un succès remarquable. En particulier, les insertions relatives aux structures des tissus et organes, prospectées synthétiquement jusqu'au niveau submicroscopique, et les chapitres d'organogenèse ont bénéficié d'additions et de modernisations. Dans cette édition, l'Auteur a introduit quelques illustrations, en partie originales; adjonction louable, mais maintenue dans les limites d'une première tentative non encore adaptée au but, parce que les figures sont trop rares et non reliées à l'exposition de la matière par des rappels opportuns dans le texte. De la précédente édition a été conservé, en le mettant à jour, l'Index des Auteurs; ce dernier est, peut-être, moins utile dans un Compendium d'un Index analytique de la matière, qui manque dans ce livre.

Évidemment, tout Auteur suit dans l'élaboration de son propre ouvrage l'orientation qui lui est la plus naturelle ou qu'il considère comme la plus convenable. Il faut souligner, cependant, qu'un Compendium est inspiré et justifié par le propos de faciliter la préparation de l'étudiant en lui permettant un gain de temps et d'énergies, ce qui est toujours plus nécessaire donné l'alourdissement croissant des programmes des études dans les cours de licence. Un compendium devrait donc présenter des caractéristiques toutes spéciales; à savoir, il devrait, viser en premier lieu à stimuler l'intérêt de l'étudiant, en lui offrant des élements descriptifs brefs mais qui lui permettent également de comprendre et d'évaluer la signification et les buts de l'étude de l'Anatomie systématique dans les cours de licence, dans lesquels une telle discipline est propédeutique à l'apprentissage d'autres matières dont elle con-

stitue le fondement indispensable. Partant, les chapitres sur la construction du corps dans son ensemble, sur les « généralités » des appareils - qui offrent également des notions succinctes sur la philogenèse, l'ontogenèse, sur les structures des organes à la lumière de leur signification fonctionnelle - devraient constituer les motifs essentiels d'un Compendium. A leur tour, les parties proprement descriptives de l'Anatomie macroscopique, qui ne peuvent pas être détachées de leurs aspects applicatifs, devraient être présentées selon une proportion entre les divers chapitres différente de celle suivie dans le passé. 260 pages consacrées à la description, encore qu'impeccable, des os et des muscles, 132 à celle de l'appareil circulatoire sur les 900 pages environ du volume à l'examen, peuvent apparaître surabondantes si on les compare à l'étendue donnée aux parties relatives, par exemple, à l'appareil respiratoire (24 p.), urinaire (20 p.), etc. En d'autres termes, il revient à l'Auteur d'un Compendium, qui n'est pas un ouvrage de consultation pour le licencié mais est destiné à la préparation de l'étudiant, d'opérer ces « choix » qui restent au contraire confiés à l'étudiant qui utilise les Traités « classiques » de la même discipline.

Par ce que l'on a dit, on ne veut pas minimiser les mérites du Compendium de Loreti, qui représente la somme d'un remarquable et très diligent travail, possible seulement qu'à celui qui possède une large expérience personnelle dans de nombreuses parties de la discipline traitée; on exprime plutôt le souhait que l'Auteur veuille dans l'avenir rénover ultérieurement son précieux ouvrage et en faire un livre plus accessible, actuel dans le sens vivant du mot, vraiment didactique et par cela même stimulant et facilement assimilable, le « bref » Traité que tout Anatomiste désire et attend pour ses étudiants.

Bari, Università, Istituto di Anatomia Umana Normale.

R. AMPRINO

***. - *Das vegetative Nervensystem.* Herausgegeben von K. HARTMANN-VON MONAKOW. *Teil I: Grundlagenforschung.* Ein Band in-8, von X-230 Seiten, mit 65 Abbildungen und II Tabellen. *Teil II: Klinik und Therapie vegetativer Fucktionsstörungen.* Ein Band in-8, von X-268 Seiten, mit 41 Abbildungen und V Tabellen. S. Karger, Basel, 1966. Preis, Teil I und II, geh., DM 94.

Les deux volumes rassemblent des articles sur l'anatomie, la physiologie et la pathologie du système nerveux végétatif.

Comme beaucoup de recueils de ce genre, la valeur scientifique varie d'article en article; le niveau d'information est dans ce cas très élevé. Parmi les contributions les plus intéressantes, il y a celle de Hagen, de sujet anatomique, qui illustre les détails sur la structure ultramicroscopique des plexus intramuraux, viscéraux; la démonstration de leur organisation sympathique suggère l'abandon de l'hypothèse synciziale basée sur des découvertes optiques. Le travail de Langermann nous offre un chapitre exhaustif de pharmacologie du système nerveux végétatif. Celui de Laborit sur la thermorégulation réexpose synthétiquement les conclusions de ses études sur l'hibernation thérapeutique ensemble avec les interprétations à fondement métabolique du mé-

canisme d'action des médicaments neurotropes. Enfin, une exposition critique vivante des problèmes concernant les rapports entre l'âme et le corps est proposée par l'article de Belloni et Terzian.

Napoli, Università, Istituto di Patologia Generale.

L. Califano

J. D. Smyth. - *The Physiology of Trematodes.* A vol. in-8, of xvi-256 pages, with 61 figures and XXXII tables. Oliver & Boyd, Edinburgh, 1966. Price, unbound, sh. 25.

Trematodes are a group of flat worms (*Platyhelminthes*) parasites of vertebrates, with more or less complex life cycles, in some cases involving three different hosts: two intermediate and one definitive. They include among others the well known *Fasciola hepatica* of the sheep liver, and three species of the genus *Schistosoma*, a parasite of man's blood. This is the first attempt to summarize the main features of the physiology of these animals. An extremely interesting and useful enterprise, both from the point of view of pure and applied science. The knowledge of the physiology of every stage of the life of a parasite is, in fact, essential for devising any method of control. Especially important are the chapters devoted to a modern field of investigation: the host-parasite relationship.

* * *

***. - *Evolution of the Forebrain. Phylogenesis and Ontogenesis of the Forebrain.* Edited by R. Hassler and H. Stephan. A vol. in-8, of viii-464 pages, with 295 figures and tables. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1966. Price, bound, DM 96.

These are the proceedings of a Symposium on phylogenesis and ontogenesis of the forebrain, which was held in Frankfurt and Sprendlingen, from Aug. 15 to 19, 1965. The forebrain and related structures represent the most complicated and highly differentiated part of the central nervous system, which make possible the accumulation and correlation of the incoming information, and communication between individuals: in human this has reached the highest stage through spoken and written language. Thus the evolution of forebrain in vertebrates and especially in Mammals is one of the most important features of evolution. The investigation of this phylogenetic line, starting from the lowest vertebrates and ending in man, may be carried on by the classical methods of evolutionary studies, namely poleontology (paleoneurology) comparative anatomy and embryology.

The aim of this symposium was to collect the available data on the subject, deriving from the three lines of research. The matter is dealth with in 42 papers by different competent authors. They represent valuable contributions to some aspects of the problem, but they hardly cover the whole field, nor are they arranged in any systematic or strictly logical order. In spite of this shortcoming, which probably was not easy to avoid, this collection of reviews

SCIENTIFIC WORLD

JOURNAL OF THE WORLD FEDERATION OF SCIENTIFIC WORKERS PUBLISHED IN ALTERNATE MONTHS IN ENGLISH, FRENCH, GERMAN, RUSSIAN, SPANISH, ARABIC AND CZECH ONE POUND PER YEAR

Scientists from all over the world write for this unique journal on a wide variety of subjects, including

- *outstanding new developments in science*
- *science and the developing countries*
- *the organization and planning of science*
- *problems of nuclear energy*
- *international co-operation in science*
- *the training of scientists and technologists*

IT IS PARTICULARLY CONCERNED WITH THE USE OF SCIENCE FOR THE BENEFIT OF MANKIND

Scientists and others interested are invited to write for a sample copy, or to subscribe £ 1 for an annual volume of 6 issues, post free, indicating which language. Subscriptions may be taken out through any bookseller, or directly from:

WORLD FEDERATION OF SCIENTIFIC WORKERS

40 GOODGE STREET, LONDON, W.1. (U.K.)

ORGANE DE L'I.E.G.S.P.

Association de communes groupant le dixième de la population belge

●

LA REVUE DES SERVICES PUBLICS

grâce à ses éminents collaborateurs des mondes administratif, technique et juridique, est une source inépuisable de renseignements concernant la vie, l'organisation et les possibilités des services publics.

●

Abonnement annuel (4 nos) - Frs belges 85

Rédaction: 2, RUE D'ORLÉANS

CHARLEROI (BELGIQUE)

Chèques Postaux 479.88 - Tél. Charleroi 32.22.59

RIVISTA DI MEDICINA AERONAUTICA E SPAZIALE

PUBBLICAZIONE TRIMESTRALE

a cura del Servizio Sanità Aeronautica

●

È l'unico periodico italiano, ed uno dei tre che si pubblicano attualmente nel mondo, specializzato nel campo della Medicina aeronautica e spaziale.

Pubblica lavori originali di fisiologia, patologia, igiene dell'uomo in volo e di tecnica fisiologica aeronautica; rubriche di aggiornamento su problemi medici di interesse aeronautico e divulgazioni su argomenti tecnici riguardanti il volo, in campo militare, civile e sportivo.

La Rivista contiene anche articoli di notevole interesse per il medico generico.

Collaborano alla Rivista le massime personalità universitarie ed aeronautiche ed un gruppo di redattori specializzati in Medicina aeronautica e spaziale.

ABBONAMENTI

Italia L. 5.000 - Estero L. 10.000

FASCICOLI SEPARATI

normale: Italia L. 1.300 - Estero L. 2.600

doppio: Italia L. 2.600 - Estero L. 5.200

Direzione, Redazione ed Ufficio amministrativo:

VIA PIERO GOBETTI, 2 - 00185 ROMA

THE JOURNAL OF PHILOSOPHY

A BIWEEKLY journal containing philosophical articles of current interest and encouraging the interchange of ideas.

Editors: **John H. Randall, Jr., Arthur Danto, Sidney Morgenbesser, Charles D. Parsons, and James J. Walsh.**

$7.50 a year; to students, $6.00; 50 cents a copy.

NOW AVAILABLE: Cumulative *Fifty-year Index, 1904-1953;* articles classified by subject and author; 452 p., cloth, $12.00. Also, *Ten-year Supplement, 1954-1963;* $3.00 cloth, $2.00 paperbound. Both *Indexes*, bound together, $15.00.

BACK NUMBERS and volumes: 1960 to 1967 (LVII to LXIV), 50 cents/issue, $12/volume; 1940 to 1959 (XXXVII to LVI), 75 cents/issue, $18/volume; 1904 to 1939 (I to XXXVI), $1/issue, $24/volume.

720 Philosophy Hall, Columbia University, New York City 10027

on different aspects of the problem is extremely valuable for those interested in comparative neurology and in evolution of vertebrates.

* * *

R. R. KUDO. - *Protozoology*. Fifth Edition. A vol. in-8, of XIV-1174 pages, with 388 figures. Charles C. Thomas, Publisher, Springfield, 1966. Price, bound, Doll. U.S.A. 15,75.

This excellent and famous textbook has reached its fifth edition in 35 years. The most important additions concern Part I, devoted to general biology of protozoa, including ecology, morphology, physiology, reproduction, variation and heredity. However, the attempt to limit the expansion of the text to a minimum has imposed a strict selection of material among a huge number of publications. In fact the whole Part I is contained in 293 pages, including literature lists. These are rather extensive, and the reader may find references enabling him to retrieve most of the information he may want.

In part II, the classification of all major groups was revised, with addition of new genera and species. As in former editions, one species is given for each genus, but for common genera, several to many species have been added to all groups. Illustrations have also been improved; bibliographical references increased.

The book will continue to perform his function of a fundamental treatise and reference book in this particular field of zoology so important from theoretical and practical (parasitological) point of view.

* * *

A. K. TOTTON assisted by H. E. BARGMANN. - *A Synopsis of the Siphonophora*. A vol. in-4, of VIII-230 pages, with 153 figures in the text and XL plates. Trustees of the British Museum (Natural History), London, 1965. Price, bound, Lgs. 11.

An excellent review of the taxonomy of Syphonophora. It is preceeded by a chapter in which the chief works on this order of Coelenterata, from Eschscholtz (1829), Huxley (1859), Haeckel (1888) down to Leloup (1954) are reviewed. The following chapters deal with: Gross morphology, Reproduction, Phylogeny, Parasites, Terminology. The main part of the book is devoted to Classification (p. 39-230), in which the 127 species so far known (most of them rather poorly) are described and illustrated. A new genus *Moseria* and a new family, *Clausophyidae* are established by the authors. Eleven plates of halftone drawings or photographs, in part reproduced from other authors, in part new, are added to 153 text-figures. The standard of printing and production of the book is high as usual for the books published by the Trustees of the British Museum (Natural History).

Roma, Università, Istituto di Genetica.

G. MONTALENTI

A. KÜHN. - *Grundriss der allgemeinen Zoologie.* 16te verbesserte und vermehrte Auflage. Ein Band in-16, von X-390 Seiten, mit 250 Abbildungen. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1967. Preis, geb., DM 9,80.

Le fait d'avoir atteint la seizième édition (revue et complétée) est la meilleure démonstration des mérites que présente le Précis de Zoologie générale de Kühn, précis, qui, en vérité, est parmi les meilleurs parus, en ce que dans une forme claire et synthétique il expose tous les aspects essentiels et tous les principaux problèmes qui forment l'objet de la zoologie; précis dont on conseille pour cela la consultation.

Dans la première partie est esquissé le tableau général systématique du règne animal, dans lequel, par peu de mentions, mais suffisantes, sont fournies les caractéristiques essentielles des types et des classes, des protozoaires aux vertébrés; à celui-ci succède une exposition synthétique de la cellule.

Dans la seconde partie sont traitées les fonctions fondamentales de la vie animale, en faisant précéder les expositions séparées de sommaires indications anatomiques.

Dans la troisième partie sont exposés les phénomènes du développement, précédés des indications les plus essentielles de génétique et suivis de mentions aux processus qui déterminent le développement lui-même.

Dans la dernière partie sont illustrés les différents milieux biologiques et les caractéristiques de la vie qui se déroule en eux, pour conclure par une exposition synthétique du problème fondamental de l'origine des espèces.

Une bibliographie sommaire et un index des sujets développés et des noms des espèces citées terminent le livre. Riche la documentation iconographique, constituée par des figures en noir, en grande partie schématiques, mais extrêmement démonstratives.

* * *

***. - *Die Säugetiere der Sowjetunion.* Herausgegeben von V. G. HEPTNER und N. P. NAUMOV. Band I: *Paarhufer und Unpaarhufer*, von V. G. HEATNER, A. A. NASIMOVIC und A. G. BANNIKOV. Ein Band in-8, von 940 Seiten, mit 268 Abbildungen im Text und VI Farbtafeln. Veb Gustav Fischer Verlag, Jena, 1966. Preis, geb., DM 163,20.

De la manière dont se présente ce premier gros volume consacré exclusivement aux seuls Artiodactyles et Périssodactyles, des Mammifères de l'Union Soviétique, il apparaît évident qu'il s'agit d'un grand ouvrage, destiné à faire date et à constituer une source d'indications du plus haut intérêt, que l'on pourrait autrement difficilement trouver.

Etant donné l'étendue de l'Union Soviétique qui couvre les deux tiers de l'Europe et environ un tiers de l'Asie et qui, de la Baltique à l'Occident borde à l'Orient le Pacifique, et de la Mer glaciale arctique au nord rejoint au sud le Caucase et les régions désertiques du Turkestan, il est évident qu'il s'agit d'une faune qui rassemble un nombre élevé d'espèces, une faune diversement différenciée, en ce qu'elle vit dans des aires biologiquement très variées, pe la toundra sibérienne, aux steppes des Kirghiz, des rives des grands fleuves et des lacs, aux hautes montagnes du Caucase et de la Mongolie.

Après avoir respectivement rapporté pour les deux ordres et les familles respectives les caractéristiques essentielles, on passe à l'illustration des espèces séparées, en tout 26, de chacune desquelles on rapporte: la synonymie, la description, la position dans le système, la distribution géographique, les variations géographiques, la biologie, et l'emploi éventuel. Particulièrement vaste est l'exposition de la distribution géographique documentée par un grand nombre de cartes, dans lesquelles sont désignées non seulement les limites actuelles, mais également celles plus anciennes, des aires occupées par les espèces; très développée est l'exposition de la biologie: milieu, alimentation, activité quotidienne, déplacements, migrations, reproduction, développement, ennemis, maladies, parasites, concurrents; en somme une exposition aussi vaste qu'il n'est possible de trouver que dans une monographie déterminée qui illustre une seule espèce.

Très riche la documentation iconographique, en plus des tables en couleurs, dans laquelle sont reportées: images de l'animal, milieu, détails morphologiques, qui donnent le tableau complet de chaque espèce.

Conclut une bibliographie très étendue et un vaste index.

Ouvrage vraiment monumental si, comme il est désirable, les volumes à venir illustrant les autres ordres, sont de la même ampleur et de la même rigueur scientifique.

* * *

J. Leclercq et P. Dagnelie. - *Perspectives de la zoologie européenne.* Un sondage d'opinions des zoologistes. Un vol. in-8, de 216 pages, avec figures et XXX tableaux. Editions J. Duculot, S. A., Gembloux (Belgique), 1966. Prix, cartonné, F.B. 250.

Il s'agit d'une enquête conduite par la voie d'un questionnaire distribué à un grand nombre d'exemplaires à des instituts scientifiques, à des académies et à des chercheurs; questionnaire qui pose les questions suivantes:

1) Quels furent à votre avis les plus grands zoologistes des XVIIIe et XIXe siècles?
2) Quels sont à votre avis les plus grands zoologistes contemporains (1900-1957)?
3) Quels furent à votre avis les zoologistes qui se sont le plus distingués dans le domaine de votre spécialité durant les XVIIIe et XIXe siècles?
4) Quels sont à votre avis les zoologistes qui se sont le plus distingués dans le domaine de votre spécialité entre 1900 et 1957?

A ces questions n'a répondu qu'une partie des interpellés et les résultats des réponses sont résumés dans un grand nombre de tableaux où sont indiqués à côté des noms cités, les points acquis.

Conclusion: à côté de noms très célèbres qui ont obtenu un bon nombre de suffrages, apparaissent, surtout pour la période 1900-1957, également quelques noms de renommée non exceptionnelle et qui, en règle générale, n'ont recueilli qu'un seul suffrage; ce qui fait malignement penser qu'il s'agit d'autocandidatures; tandis que manquent des noms qui auraient dû apparaître.

Un grand effort accompli par les auteurs pour un résultat plutôt discutable et qui, au fond, ne couronne que qui le mérite et qui l'avait déjà été, et l'illu-

sion de mériter de l'être à quelques-uns qui, en vérité, doivent encore mériter de l'être.

Intéressant est le bon nombre de portraits des principaux zoologistes qui illustrent le volume.

Genova, Museo Civico di Storia Naturale.

E. ZAVATTARI

E. D. P. DE ROBERTIS, W. W. NOWINSKI e F. A. SAEZ. - *Biologia della cellula.* Un vol. in-8, di XIV-558 pagine, con numerose figure e tabelle. Casa Editrice Zanichelli, Bologna, 1966. Prezzo, rilegato, L. 8.600.

« Cell Biology » de De Robertis, Nowinski et Saez est désormais un classique de la cytologie arrivé à la quatrième édition dans la langue d'origine. D'autant plus opportune une traduction en italien de l'édition très bien mise à jour de 1965 qui met en contact avec notre très vaste public estudiantin finalement un ouvrage de cytologie moderne. Ici est inutile un jugement sur ce livre très célèbre, affermi depuis 1948 et dont les rééditions ont toujours amélioré l'original. En tout cas il faut souligner l'efficacité et l'exactitude de la traduction italienne due aux Docteurs A. Peyrot et M. Sacerdote de l'Istituto di Anatomia Comparata di Torino.

Siena, Università, Istituto di Zoologia.

B. BACCETTI

***. - *Nerve, Brain and Memory Models.* Edited by N. WIENER and J. P. SCHADÉ. A vol. in-8 (Volume 2 of the *Progress in Brain Research*), of VIII-280 pages, with figures and tables. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1963. Price, bound, Dfl. 40.

***. - *Cybernetics of the Nervous System.* Edited by the late N. WIENER and J. P. SCHADÉ. A vol. in-8 (Volume 17 of the *Progress in Brain Research*), of X-424 pages, with figures and tables. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1965. Price, bound, Dfl. 60.

Ces deux volumes de la grande série « Progress in Brain Research » (respectivement n. 2 et n. 17) représentent l'un des principaux résultats de la coopération qui s'est établie à Amsterdam, durant les dernières années de la vie de Norbert Wiener, entre le fondateur de la cybernétique et le « Netherlands Central Institute for Brain Research ». En vue de la constitution sous une forme autonome de la nouvelle branche de la neurologie et de la cybernétique, dénommée neuro-cybernétique, ont été rassemblés ici de nombreux essais de spécialistes connus, tels, hormis les protagonistes mêmes des volumes, W. R. Ashby, V. Braitenberg, J. D. Cowan, H. Frank, F. H. George, D. M. MacKay, G. Pask, N. Rashevsky, W. Reichardt, D. Stanley-Jones, W. K. Taylor, H. von Forster et G. W. Zopf. D'un intérêt particulier apparaissent également les

articles de A. V. Napalkov (*Information processes of the brain*) et J. Zeman (*Information and the brain*), dans le premier des volumes signalés, et de F. Jenik (*An outline of the development of a neuron model*) et J. R. Ullmann (*Some problems in artificial intelligence*), dans le second.

Roma, Università, Istituto di Filosofia.

V. Somenzi

F. H. George. - *Cybernetics and Biology.* A vol. in-8 (*University Reviews in Biology*), of viii-138 pages, with 18 figures. Oliver & Boyd, Edinburgh, 1965. Price, unbound, sh. 12.6.

Le but que l'Auteur de ce petit volume se propose consiste dans la présentation de la Cybernétique aux Biologistes, spécialement à ceux qui sont intéressés aux problèmes du comportement (en anglais behaviour). Naturellement, avec cela, on entre dans le domaine de la « Bionique », qui représente, précisément, le pont de liaison entre Biologie et Cybernétique.

Des dix chapitres en lesquels le livre est subdivisé, le premier est consacré aux fondements de la cybernétique, le second à la théorie des automates, à la logique et à la théorie des informations. Le troisième chapitre est consacré aux méthodes scientifiques et aux modèles biologiques. On passe, ensuite, dans les chapitres successifs, à la description des calculateurs digitaux, aux théories de l'apprentissange et de la connaissance, aux modèles de la perception visuelle, au langage artificiel, aux modèles du système nerveux (en les termes de la Neurophysiologie classique). Le dernier chapitre est consacré à des considérations récapitulatives et de caractère général. L'auteur se demande dans quelle aire la Cybernétique, comprise comme science du Contrôle et des Communications, se superpose à la Biologie, et il conclut que, actuellement, cela se produit à propos des intelligences artificielles. Dans cet ordre d'idée, l'intérêt maximum de l'auteur, au cours du livre, s'est concentré sur les méthodes pour simuler les divers aspects des systèmes biologiques, sur la base de faits empiriques, sans prétendre que le modèle est réalisé avec le même matériel dont est formé le système original.

En donnant un coup d'oeil sur l'avenir, l'auteur souligne la rapidité avec laquelle les connaissances et les idées de l'état actuel de la Cybernétique évoluent et changent. Ceci rend énorme le « volume de papier imprimé » à prendre en considération, et la quantité de notions qu'il convient de posséder pour comprendre tout ce que l'on publie quotidiennement.

Nous pouvons donc souhaiter la bienvenue à un ouvrage qui, comme celui-ci, réussit à donner une idée de l'état actuel de la Cybernétique, en ne réclamant qu'un minimum de connaissances mathématiques et en donnant un grand relief aux rapports entre Cybernétique et Biologie.

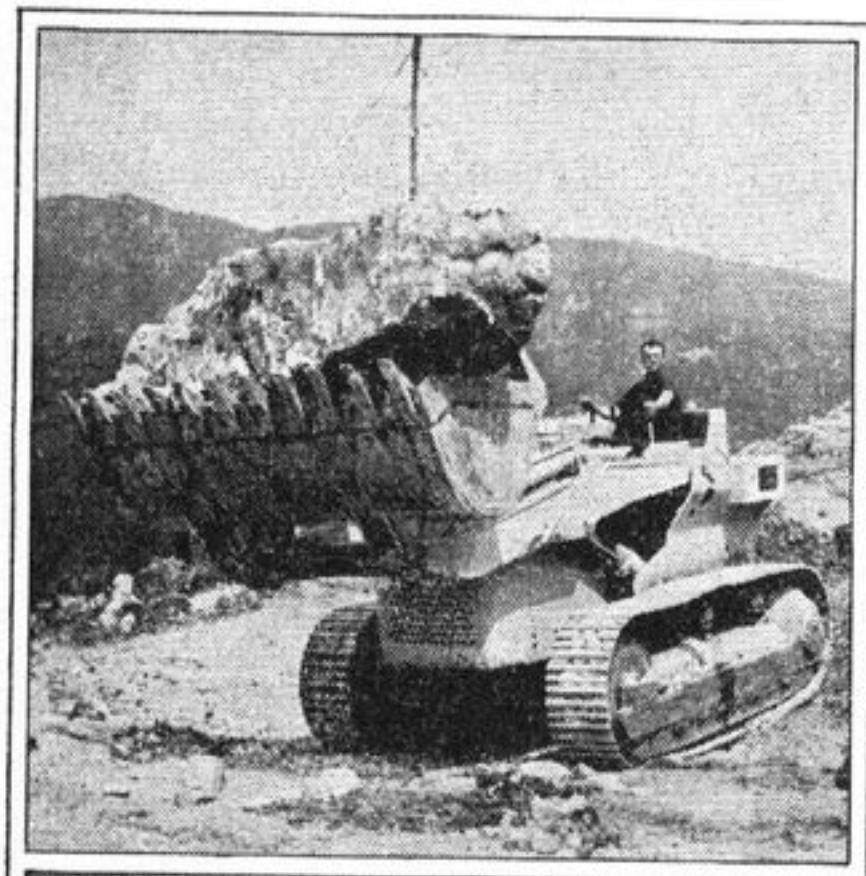
Arcetri-Firenze, Istituto Nazionale di Ottica.

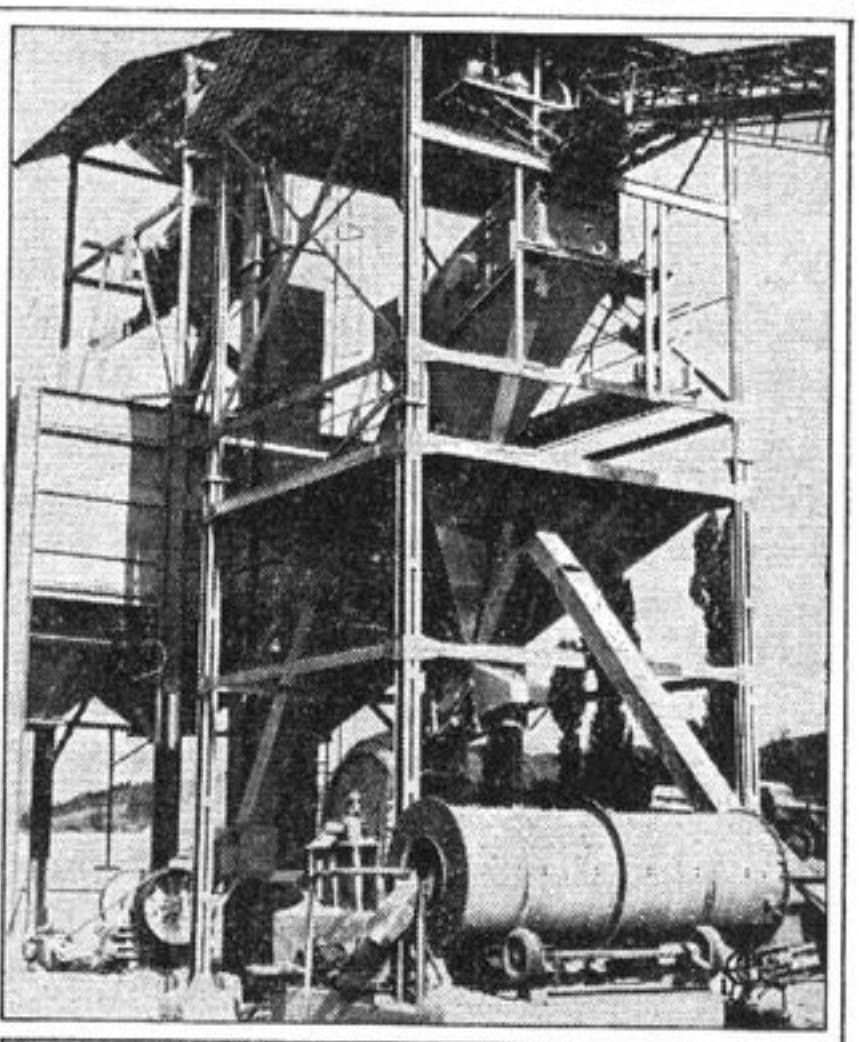
L. Rositani

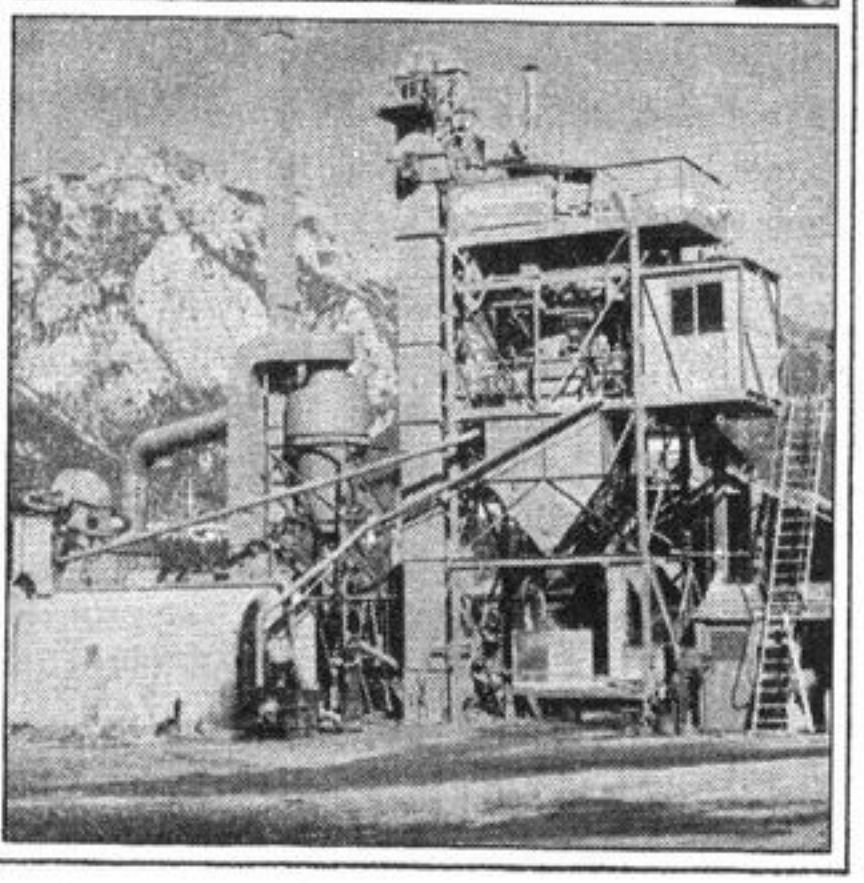
Loro e Parisini spa

Milano Via Savona, 129 tel. 470.101-470.134 / Padova Zona Industriale (Limena) Via Unità d'Italia tel. 67.610 / Roma Via Lega Lombarda, 34-36 tel. 495.2651-52-53 / Napoli Via S. Maria del Pianto, 80 tel. 590.122

macchine edili, stradali, per cave e miniere macchine per movimenti di terra.







CRONACA - CHRONIQUE - CHRONICLE - CHRONIK - CRONICA

From Lisbon to the Moon

Lecture held at the University of Uppsala by Prof. Markus Båth).

On All Saints' Day, the 1st of November, 1755, one of the largest earthquakes in history occurred in the Atlantic off the coast of Portugal. The effects were disastrous in Portugal and major part of Spain. In Lisbon alone at least 60000 people are estimated to have been killed, partly by the direct effect of the earthquake, partly due to fires and great ocean waves, created by the quake. Also in North Africa there was great destruction, and personally I have had the occasion to see the ruins of a very great mosque in Rabat in Morocco, which was destroyed by the quake. Of special interest is the fact that the Lisbon earthquake was felt over a very large area. Ground shaking was directly perceivable as far away as North-Western Germany at a distance of about 2000 km from the epicentre. Seismic sea waves could be observed at even greater distances, for instance in the Scandinavian waters, including the Baltic, as well as across the Atlantic in the West Indies. Especially destructive were the seismic sea waves crashing against the Portuguese coast, where they hit approximately 20 minutes after the quake was felt. The height of the waves was 7 meters, in some places up to 16 or 17 meters, sweeping in over the coast. In the West Indies the wave height was measured at 5 meters.

Even though the quake occurred nearly 150 years too early to be registered on a seismograph, it is possible to make an approximate calculation of its energy or magnitude, guided especially by the size of the area over which it was felt. The result, based on good grounds, is that the Richter magnitude was about 8 3/4, the conclusion being that the earthquake is among the largest ever known and a particularly unusual phenomenon within the European area. The magnitude gives a measure of the total energy sent out in seismic waves from the earthquake source. An earthquake of the size of the Lisbon shock is comparable in energy to all the electric energy used in Uppsala for a period of 670 years, considering the consumption for 1966. An earthquake of magnitude 6.8 corresponds to one year's electric energy consumption in Uppsala. And a very small earthquake, with magnitude 1.6, would correspond to the average amount of electric energy used in Uppsala for just 1 second. These figures show clearly that earthquakes span over an enormous energy range. In connection with these comparisons it should be pointed out that man has not yet been able to bring the earthquake forces under control into doing useful work.

As far as is known the Lisbon earthquake has no precedent in historical

time. And now over 200 years have passed without an earthquake of similar magnitude occurring in the same area. An earthquake in November, 1941, with a magnitude of 8.3, might be considered as a repetition, but both in magnitude and effects it was less than the Lisbon shock of 1755. With our present knowledge of the stress conditions in the solid Earth, we must consider that a shock of the Lisbon 1755 size will be repeated. But if this will happen to-night or in hundreds of years' time, of this we know nothing with assurance. Because of the nature of the stress accumulation and release in the solid Earth, the time intervals between large shocks can vary from a few months or years, in the seismically most active regions around the Pacific, to centuries and even more, in the less active regions. Take for example Chile, where on the average one earthquake of magnitude 8 or more occurs each decade. Smaller shocks occur very frequently in such regions.

The large earthquakes have mostly been followed by marked progress in seismology. With some exaggeration one could say that the history of seismology is the history of its earthquakes. It is not only the demands for protective measures of various kinds which are intensified after disastrous shocks, but also pure seismology is given new impulses and enlarges its scope after such occurrences. There are many examples of large earthquakes, but I have chosen to speak here about the Lisbon shock of 1755. It was described in a markedly more scientific way than was customary earlier. Because of this, some researchers look upon the descriptions of the Lisbon shock as the beginning of seismology. However, we have to consider that the lack of instrumental registrations made a more thorough analysis impossible. Furthermore, the described effects were secondary. Primary effects, which for instance include fault displacements in the ground near the epicentre, could not be observed, because the shock occurred under the ocean bottom. Later larger shocks have led to still more significant progress. As an example we can mention the San Francisco earthquake of 1906, which led the American seismologist Reid to put forward his elastic rebound theory for earthquakes, a theory which is still considered valid for most shocks, i.e. the so-called tectonic shocks. The San Francisco earthquake led also to the formation of the still very active Seismological Society of America. Another example is the Tokyo earthquake of 1923, which in 1925 led to the formation of the Earthquake Research Institute in Tokyo, still one of the world's leading seismological institutes.

Even though more exact descriptions of earthquakes were produced from the middle of the 18th century, seismology remained a purely descriptive science, with the immediate analyses which direct observations permitted. Seismology became an exact mathematical-physical science first towards the end of the 19th century. On the 18th of April, 1889, 17 years to the day before the San Francisco earthquake, an earthquake in Japan was registered at Potsdam, the first record of a remote earthquake in history. This was a sensation for its time, and marks to some extent the birth of experimental seismology. Around the turn of the century a number of seismograph stations were installed, particularly in Europe. The elasticity theory, developed already around the 1840's, could soon be applied successfully to the obtained records. The theory predicted that a disturbance in a solid body, such as an earthquake, should create different types of waves. And it became possible to identify the different types of waves on the seismograms. It was, without doubt, this combination of basic theory and instrumental records that made

seismology an exact science. Both of these fields, theory and seismographic observations, have ever since dominated the development in seismology, and there has been a fruitful interchange between these two disciplines. In addition, we should mention laboratory investigations, which in later years have become a useful supplement to other methods, both theoretical and observational. Seismology is to a high degree an applied science, in which successful research requires thorough knowledge of most subjects within the mathematics-physics faculty.

As a consequence of this relatively late development, we have to-day instrumental records for only the past 70 years, geologically speaking for not more than an instant. Considering that the intervals between shocks in some regions can be much longer, surprises are found on our records from time to time. Let me name only two examples. Until 1954 it was believed that shocks deeper than 300 km occurred only in some parts of the circum-Pacific belt. But on the 29th of March, 1954, there occurred a shock at more than 600 km depth under Southern Spain. Then I characterized this as the biggest sensation in seismology within the past 25 years. There is nobody who knows how long it will take until this deep Spanish earthquake will be repeated. The large Chilian earthquake in May, 1960, brought another sensation. It set the whole Earth's mass into its free vibrations, which were registered both seismically and gravimetrically. The observations gave the most splendid confirmation of the theory of the Earth's vibrations, which was already complete when the shock occurred.

The seismographs which were set up around the turn of the century, were usually tied to institutes which already had some form of observational work in progress, especially meteorological and astronomical observatories. To-day seismologists the world over are very grateful for this sponsorship of neighbouring research fields, which helped the observational work over that difficult growing period. So was the case here in Uppsala, and I will now give you a brief summary of the seismological development here. The first seismograph in our country was installed at the Meteorological Institute in Uppsala in October, 1904. It was the first professor of meteorology, Hugo Hildebrand Hildebrandsson, who was responsible for this pioneering effort. Thanks to it we have now in Uppsala an archive of approximately 46000 records containing all the larger and medium-size earthquakes since 1904, one of the longest practically unbroken series in the world. This seismograph is still in operation and gives good results together with the modern instruments, particularly because of its lower magnification. Hildebrandsson's succeeder, Professor Filip Åkerblom, also had a lively interest in seismology. He published, among other things, the first bulletin of the Uppsala seismograph records, comprehending the period from October, 1904, until May, 1905. He also made some comparisons between records from Uppsala and Göttingen, which resulted in a publication with the title "Vergleichung der Diagramme aus Upsala und Göttingen von Fernbeben, deren Wellen die Erde umkreist haben", published in the communications from the science academy in Göttingen for the year 1906. This was the first seismological investigation originating in Sweden and as such the only one up to the beginning of the 1940's. Development remained essentially at this level, with the running analyses

of the seismograms as the only production. First around 1950 a more rapid, continuous development began, made possible thanks to economic contributions from research councils and foundations. In this connection the third professor of meteorology, Hilding Köhler, comes into the picture. He supported the work very effectively and founded a research department for seismology within the Meteorological Institute. In 1961 the Seismological Institute became an independent university institute, but it is still housed in the building in the Observatory Park which Professor Hildebrandsson built in 1885 as the then new Meteorological Institute.

To-day the Seismological Institute is the centre for a network composed of 8 seismograph stations, from Karlskrona in the south of Sweden to Kiruna in the north. The modern instruments and the excellent surface rock foundation have permitted a higher sensitivity than for most other station networks in the world. On the average, about 10 earthquakes are recorded per day from all the seismic regions on the Earth, which means between 3000 and 4000 registered shocks per year. With a total of about 30 records running simultaneously at all our stations, we arrive at a yearly production of about 10000 records, which are all kept in the archive.

As a consequence of the institute's position as the centre of the Swedish station network, its duties can be divided into two main parts: partly regular preparation of bulletins and their distribution to nearly all countries in the world, partly basic seismological research. The records we obtain from our station network serve both purposes. Our research efforts are essentially concentrated towards investigations of the properties of seismic waves. These compose the main content of seismology, giving us the most reliable information both on source properties, whether earthquakes or explosions, and on the physical conditions of the Earth's interior.

The rapid information on the position, origin time and magnitude of earthquakes and explosions, which is sent out from Uppsala within a few hours after the event, are based upon a combination of different records from our own station. Later more exact analyses are accomplished at some world centres by a combination of readings from many stations. Presently, there are more than 1200 seismograph stations on the Earth, of which most do not report so regularly. It is estimated that the number of earthquakes, including the smallest, is about 1 million per year, considering the whole Earth, which means 2 shocks per minute. During this lecture there will thus have occurred about 60 earthquakes in different parts of the world.

In spite of interpretational difficulties, there is no doubt that seismological observations are superior to most other observations of the solid Earth, both in reliability and uniqueness of interpretation. Earthquakes correspond only to one link in a long series of energy transformations in the Earth, yet it is the only link which can be ascertained reliably and quantitatively. With this view, earthquake observations hold a special place in the study of the dynamic and tectonic features of the Earth. Moreover, our knowledge of the structure of the Earth's interior has been put on a firm basis through seismic recording, whereas previously this was an area of divers speculation and imagination.

After this I continue by giving a brief review of some important duties for seismology in the present and coming decades. Since about 1960 seismo-

logy has been involved in a nearly revolutionary development. To a great extent, this has been caused by factors outside of seismology itself; yet they have more and more become of decisive importance to seismology's own development. In the following I would like to emphasize three of those factors before anything else: 1) detection of nuclear explosions; 2) effective planning against earthquake catastrophies; 3) space exploration.

Detection of nuclear weapons' tests is of political and military interest. Already in 1958 it was clear that there were questions and demands from the political side which the seismologists could not answer. As a consequence an economic investment in seismological research followed, especially in USA, here-to-fore unprecedented in history. Whereas seismology had hitherto been the concern mainly of university institutes, often with very limited means, it became at once of great political concern. During this period great progress has been made, partly through the installation of very expensive so-called array stations in several places in the world, partly in the analysis of records using techniques derived from communication theory. Pure seismology has profited enormously from this and the last decade has been of considerable significance to the development of seismology. After the partial test ban treaty in Moscow in 1963, the underground explosions became of more immediate interest than earlier, and for their detection seismology offers practically the only useful methods at great distances. But even with all the progress there are still no 100 per cent sure methods for detection of explosions and their discrimination from natural earthquakes. Many opinions and proposals have been presented, ranging from excessive optimism to pessimism. Such remaining uncertainties are reflected in the discussions at the disarmament conference at Geneva. Especially difficult, not to say impossible, is the detection of a smaller, occasional test, placed in a seismic region, particularly if at the same time there occurs a series of earthquakes in that region. In a series of tests, especially if they are executed at regular times, detection is made considerably easier. Among such series of tests which have dominated the last years I would like to mention the explosions in Nevada and at Semipalatinsk in Siberia. From the last-mentioned site the Seismological Institute in Uppsala has recorded 34 tests since March, 1964. Nearly all have been detected by the records at Uppsala and have been reported to the news services a few hours after the explosions have occurred, earlier than from any other institute in the world. The test site at Novaya Zemlya is especially well known for its long series of atmospheric explosions. For the interval 1957-1962 we can establish that there had been at least 61 atmospheric explosions in the area.

Protective measures against earthquakes is another important aspect of present-day seismology. This is related to the population increase and industrialization in many countries, particularly in a number of developing countries, which are often located in seismically active areas. As a consequence of the earthquake catastrophies in Morocco, Iran and Chile in the spring of 1960, UNESCO took a strong initiative in this respect, which unfortunately could not be followed up in full scale because of the small interest for economic support of the project shown by most countries. Protective measures can be divided into two categories, depending upon if they are concerned with saving people's lives or protecting buildings, dams, bridges, etc. The latter, which cannot be moved from their positions, can be saved by building

them to withstand earthquakes. According to earthquake engineers it is nowadays possible to design constructions to withstand even the strongest earthquakes. Of course, the costs will be high, and it depends upon the decision of those concerned, how to balance the various economic investments against each other. For such calculations, as well as for earthquake insurance, reliable information is needed on the seismic conditions of each area. Ground conditions play a large role, and as in the Bible it holds that man should build on hard rock, not on soft sand. An increasing number of Swedish firms are planning construction projects in seismically active areas, and in this connection the institute in Uppsala has in many cases been of service in supplying information on seismicity. On the other hand, for the public it would be possible to arrange for evacuation, provided that one could predict when and where an earthquake will occur. In historic times approximately 14 million people have been killed because of earthquakes, a small number compared to some other catastrophies, never-the-less certainly large enough to justify research on earthquake prognosis. The fact is that some of the most densely populated regions of the Earth, in particular Japan, are among the seismically most active. Economic interests play a dominating role in the question of localization, and it is cheaper to try with predictions than it is to move people to safer areas. Large projects have been planned, both in Japan and in the United States, for intensified geophysical observations of many different kinds. The cost for the United States' project has been calculated to about 140 million dollars (700 million Swedish Crowns). Even if such a project does not lead to sure prognosis, there is no doubt that it will bring us nearer the mark. We must consider that a repetition of the San Francisco shock of 1906 would bring enormous damage; but in the United States it is considered that if it were possible to reduce the damage by only one per cent, then this would be sufficient to justify the whole prognosis project. General predictions could probably not be counted on before the next century, possibly with the exception of some limited areas.

Another modern development, space exploration, has already found its way into seismology. The intention is to eventually observe seismic phenomena on other heavenly bodies, primarily the Moon. Already more than 10 years ago, I proposed to the leaders within the International Geophysical Year both in the United States and the Soviet Union to place seismographs on the Moon. The suggestion was taken up with great interest at both places, even if they thought it was a bit too early. Later, in 1962, the Americans sent away a Moon seismograph at least once, which unfortunately missed its mark. But the program, particularly the development of suitable apparatus, has gone a long way in the United States. One might ask if the records from the Moon will not merely increase our problems. To some extent this is true, but on the other hand there is no doubt that information from the Moon can be of valuable assistance in the study of our own Earth, as well as in the study of the history of the solar system. One of the questions is whether moonquakes exist or whether the Moon is geophysically dead. Furthermore, one might ask whether the Moon has a central core comparable to that of the Earth, or not. The absence of such noise sources as the atmosphere and the oceans would mean that considerably higher recording sensitivity could be used on the Moon than on the Earth. On the other hand, it is conceivable that the steady fall of meteorites on the Moon's surface might cause disturbances. Cer-

tainly one will have to face the problem of distinguishing between the fall of meteorites and real moonquakes, a problem which in many ways is very much the same as the earthy problem of distinguishing between explosions and earthquakes.

Uppsala.

Copyright by
Rivista "SCIENTIA" Editrice
Sede legale - Milano, Via Donizetti 55
Registrata presso la Cancelleria del Tribunale di Milano col N. 1276
NORA BONETTI - *Direttore Responsabile*

ODAG - OFFICINA D'ARTI GRAFICHE - MILANO

Acciaieria e Tubificio di Brescia

25100 BRESCIA - Via F.lli Folonari 26
Telefono 53.361 Telex: 30036 ATUB

Condotte forzate per impianti idroelettrici - Corpi di caldaia - Torri e recipienti a pressione Bombole per gas compressi.

PONTEGGI TUBOLARI DALMINE INNOCENTI S.p.A.

Direzione: 20121 Milano - Piazzetta Bossi, 1
Stabilimento: 20147 Milano - Via Gonin, 25
Uffici Agenzie e Depositi in tutta Italia
Consociate e Rappresentanti all'Estero

Strutture tubolari smontabili in acciaio per tutte le applicazioni - Ponteggi a telai prefabbricati - Casseforme metalliche - Travi telescopiche - Puntelli regolabili - Crociere - Travi pesanti componibili per grandi getti in c. a - Scaffalature

CEAT S.p.A. - TORINO

CORSO PALERMO 1 - Capitale L. 10.000.000.000

Produzione:

Cavi e Conduttori Elettrici - Pneumatici Prodotti vari in gomma e materie plastiche in genere.

Cementir

CEMENTERIE DEL TIRRENO S.p.A.

CAPITALE L. 7.250.000.000 interamente versato

SEDE E DIREZIONE GENERALE:
ROMA - Viale Gorizia, 24/D - Tel. 861.741 (5 linee)

DEL MONEGO S.p.A.

20121 Milano, Piazza Repubblica 8
Tel. 637389/637502 - Telex 32574 Termotec

Generatori di vapore a media e alta pressione, lic. Steinmuller;

Caldaie di ricupero, lic. Steinmuller;

Essiccatoi e forni verticali e orizzontali, lic. Bartlett-Snow-Pacific;

Bruciatori di nafta, gas, carbone per forni e caldaie industriali.

BIRRERIA RISTORANTE PEDAVENA

a Km. 3 da Feltre, alle porte delle Dolomiti

Saloni per ricevimenti e congressi - Parco - Zoo
Campi da tennis e bocce - Cucina internazionale

TEL. 22.46 FELTRE

COSTRUZIONI GENERALI FARSURA

COGEFAR S. p. A.

VIALE MONTELLO 20 - 20154 MILANO

Grandi Lavori di Ingegneria Civile in Italia ed all'Estero

FABBRICA ITALIANA TUBI FERROTUBI S.p.A.

Sede Sociale: 20123 Milano - Via Lanzone 4
Stabilimenti: Milano e Sestri Levante (Genova)

Tubi in ferro e acciaio senza saldatura e saldati, carpenteria in genere

Telegrammi: TUBIFIT - Milano - Telex Milano 31383

SIAI - LERICI, Azienda Industriale

CORMANO (Milano) - Via F. Filzi, 15

Officina specializzata per la lavorazione degli acciai inossidabili e dei metalli e leghe antiacide in genere (nichel, monel, titanio, hastelloy, ecc.). Costruzioni per altissimo vuoto.

IMPRESIT - GIROLA - LODIGIANI

IMPREGILO S. p. A.

Via G. Negri, 4 - 20123 MILANO

STUDIO, PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE ALL'ESTERO DI IMPIANTI IDROELETTRICI E DI GRANDI LAVORI DI INGEGNERIA CIVILE.

NOVACETA

Società per Azioni

20121 MILANO - VIA CERNAIA, 8

Filato acetato - Silene

SOCIETÀ DEL GRES · MILANO · ING. SALA & C.

SOCIETÀ DEL GRES

Ing. SALA & C.
20123 Milano - Via Mazzini 7
Telefono 873.257

Tubi e pezzi speciali di grès ceramico per fognature, rivestimenti e corpi di riempimento antiacidi.

Ferdinando Zoppas S.p.A.

31015 CONEGLIANO VENETO (Treviso)

Divisione Elettrodomestici
Divisione Grandi Impianti
Divisione Idrosanitari

SUPPLÉMENT

Traductions Françaises

des articles dont le texte original n'est pas en langue française.
(Cheque traduction a été revisée par l'Auteur).

NOTE RELATIVE À LA THERMODYNAMIQUE RELATIVISTE ET AU CONCEPT D'ENTROPIE

Le présent article essaie, d'un point de vue heuristique, de faire entrer les principes généraux de la thermodynamique dans le cadre de la relativité généralisée et de la géométrodynamique. On donne une nouvelle interprétation de la « croissance de l'entropie » en termes de dynamique d'espace. Il en résulte qu'un phénomène irréversible apparaît comme une entité dynamique dans un espace vide courbé, laquelle évolue au cours du temps d'une manière intimement liée à l'expansion de l'univers. De la sorte, toute modification dans la distribution de l'énergie et de la matière crée un effet gravitique qui est irréversible dans la mesure où l'univers est en expansion. Bien que purement spéculative, la théorie proposée réussit néanmoins à résoudre quelques uns des graves problèmes de principe qui se posent dans les théories purement classiques. Le paradoxe du sens d'écoulement du temps et le second principe de la thermodynamique deviennent des résultats directs de la dynamique d'espace soumise aux postulats d'Einstein. On trouvera dans la bibliographie [4] *des compléments sur la nouvelle théorie présentée, ceux-ci comprenant le paradoxe du sens d'écoulement du temps, les principes zéro, deux et trois de la thermodynamique, ainsi que l'équilibre thermique dans le champ de gravitation.*

Selon les idées communément admises en thermodynamique statistique, « l'entropie d'un système isolé ne décroît jamais »: il suffit donc d'observer un système macroscopique à deux instants successifs du temps, et d'examiner celui pour lequel l'entropie est la plus grande. Ceci indiquera dans quel sens le temps avance, nous permettant ainsi la perception du sens d'écoulement du temps. De cette façon, on montre que l'univers est asymétrique par rapport à son passé et à son futur. Et cependant, c'est un fait remarquable que toutes les autres lois de la physique se révèlent comme étant tout à fait symétriques par rapport au sens du temps. Arrivé là, il est possible de discuter de la justesse de cette assertion en ce qui concerne la thermodynamique, et de se demander si l'on ne peut pas découvrir une explication différente à la croissance de l'entropie et au sens d'écoulement du temps sans l'aide de la thermodynamique statistique classique.

Pour juger si un système observé révèle ou non la croissance de l'entropie et le sens d'écoulement du temps, on doit examiner d'abord le mouvement à grande échelle de l'univers. Gold [2] a récemment souligné que l'expansion de l'univers entier détermine, en fait, le sens d'écoulement du temps (par exemple, la croissance de l'entropie). Ainsi, une image des lignes d'univers de galaxies peut révéler le sens d'écoulement du temps, c'est-à-dire, le sens selon lequel les lignes de l'univers divergent. Lorsque l'on considère un système plus petit, cette divergence est tout à fait négligeable dans la plupart des cas et, selon Gold, il s'ensuit que l'on ne peut pas percevoir les effets localisés de cette loi universelle d'expansion. Mais c'est le rayonnement électro-magnétique qui induit les effets de l'expansion universelle jusqu'à l'échelle restreinte de la thermodynamique. Des rayonnements de toute sorte existent partout, et leur expansion se produit presque tout le temps dans la profondeur de l'espace. Il est bien connu qu'un équilibre thermodynamique prévaut dans un univers statique, et, que selon le paradoxe d'Olberg, le ciel devrait être intensé-

ment brillant au cours de la nuit. Ce phénomène ne se produit pas dans un univers en *expansion* car la lumière provenant des sources lointaines est considérablement affaiblie par le déplacement du rayonnement vers le rouge. Cette baisse du rayonnement dans les profondeurs de l'espace est entièrement due à l'expansion. En conséquence, il faut s'attendre à ce que l'expansion de l'univers soit le phénomène le plus intimement lié à tous les processus irréversibles, et cela, jusqu'à la plus petite échelle des systèmes thermodynamiques. Il s'ensuit qu'un observateur isolé peut, en fait, déduire, à partir de ses observations à petite échelle et dans son voisinage immédiat, que l'univers est en expansion. Evidemment, les observations cosmologiques montrent l'univers en expansion et non en contraction. Cela signifie-t-il qu'une phase de contraction ne succédera pas à la phase présente d'expansion?

Les nombreuses théories sur l'espace-temps et la gravitation qui ont été avancées jusqu'à présent nous apportent des modèles cosmologiques multiples ainsi que des hypothèses variées sur l'histoire de l'univers. Inutile de dire que seul l'un de ces modèles peut être correct. En raison de l'incertitude qui s'attache aux observations, il n'est pas encore possible de savoir quel est le modèle correct. Et c'est ainsi que l'on est conduit à prendre en considération une classe de modèles cosmologiques relativistes oscillants, c'est-à-dire dans lesquels une phase de contraction suit une phase d'expansion et vice-versa. C'est sur cette base (l'existence d'un univers oscillant) que l'on doit poser la question du rapport entre le temps et un phénomène macroscopique asymétrique. En outre, on doit exiger d'une théorie fondamentale sur la thermodynamique qu'elle rende compte, dans ses principes de base, de l'expansion actuelle de l'univers. On arrive enfin à la conclusion générale selon laquelle la thermodynamique, la cosmologie et (vraisemblablement) la théorie de la relativité généralisée sont intimement reliées les unes aux autres[1]. C'est sur cette base que l'on doit fonder les interprétations de la signification physique de la croissance de l'entropie. Tolman [1] a déjà obtenu quelques principes fondamentaux. Il a établi pour le cas de la dilatation, ou compression adiabatique, les équations suivantes en appliquant le cas d'un fluide parfait aux modèles homogènes non-statiques:

$$\frac{d}{dt}\left(\rho_{oo}\,\dot{\delta}\,v_o\right) + p_o\,\frac{d}{dt}\left(\delta\,v_o\right) \tag{1}$$

le fluide parfait étant défini par:

$$T_o^{11} = T_o^{22} = T_o^{33} = p_o \tag{2}$$

$$T_o^{44} = \rho_{oo} \tag{3}$$

$$T_o^{\alpha\beta} = 0,\ \alpha \neq \beta \tag{4}$$

qui sont les composantes du tenseur des moments d'énergie, exprimé selon ses coordonnées propres, par exemple, telles qu'elles sont mesurées par un observateur isolé lorsque le tenseur métrique (ou potentiel de gravitation)

[1] Nous devons dire un mot à propos de la validité de la théorie de la gravitation d'Einstein. En dépit de l'abondante littérature consacrée aux diverses théories de la gravitation, la théorie de la relativité généralisée est l'une des deux théries qui ont pu tenir devant les observations exécutées avec la précision actuelle [3]. La seconde théorie est la théorie du tenseur-scalaire que beaucoup considèrent même comme alternative à la théorie d'Einstein.

est défini par les coordonnées galiléennes d'un espace-temps « euclidien ». ρ_{oo} est la densité macroscopique propre de l'énergie et p_o est la pression hydrostatique propre qui peuvent être mesurées directement par un observateur isolé et immobile au sein du fluide dont il examine un petit élément δv_o situé dans son entourage immédiat (les coordonnées propres sont choisies de telle façon qu'un observateur quelconque et ses instruments de mesure, ou un objet quelconque tel qu'une particule de matière, soient, au moins momentanément, immobiles par rapport aux axes spatiaux). Dans le cas d'une pression positive du milieu considéré, l'équation (1) s'applique aux systèmes isolés dans lesquels l'énergie totale propre ($\rho_{oo}\ \delta\ v_o$) de *chaque* élément du fluide augmente lorsque le système est en expansion ou diminue lorsque le système se contracte. On retrouve également sous forme de résultats du principe d'équivalence certaines constatations familières dans le cas de l'observateur isolé qui mesure dans son voisinage immédiat le comportement électrodynamique ou thermodynamique d'un petit élément de fluide idéal. Il faut cependant remarquer, quand on utilise la théorie de la relativité généralisée, que les coordonnées propres ne conduisent à des relations aussi simples qu'au voisinage immédiat d'un point donné. Il ne faut donc pas s'attendre à ce que le tenseur de moment d'énergie, sous la forme que lui donne la relativité restreinte, soit valable dans la relativité généralisée au delà d'une région d'une taille finie. Cependant, l'équation (1) peut évidemment s'appliquer à *chacun* de *tous* les éléments entre lesquels serait divisé le fluide total d'un système *fini* [1].

Une démonstration beaucoup plus importante est celle que l'on peut réaliser avec l'équation (1), et selon laquelle dans ce cas le principe de la conservation de l'énergie ne s'applique que si l'on introduit (exprimée selon les termes de densité d'un pseudo-tenseur d'Einstein) une quantité qui représente l'énergie potentielle du champ gravitationnel. Si l'on applique cette équation à un système thermodynamique classique (que l'on peut supposer infiniment petit en comparaison de la très grande échelle d'un univers en expansion), un observateur isolé s'aperçoit que l'énergie totale propre de chaque élément de ce fluide idéal décroit, lorsque le fluide est en expansion et qu'il n'y a pas de transfert d'énergie entre deux parties de ce fluide. Par conséquent, le principe de la conservation de l'énergie entraine l'*augmentation* de la quantité qui représente l'énergie potentielle du champ gravitationnel. Pour des raisons pratiques, nous appellerons cette quantité « gravitropie » afin de faciliter les démonstrations qui vont suivre. Ces dernières supposeront aussi qu'il suffit à un observateur isolé de mesurer la gravitatropie d'un univers idéal dans son voisinage immédiat, à deux instants successifs du temps, pour déterminer si cet univers est en expansion ou en contraction.

Ceci ne révèle pas le sens d'écoulement du temps, puisque, dans l'équation (1) on peut changer ce sens sans modifier les résultats. Il en résulte que la gravitropie se comporte de façon symétrique par rapport au temps. Mais, dans la mesure où l'univers est en expansion, la gravitropie de chaque élément de volume ne peut que croitre. *Ce phénomène d'« irréversibilité » ne doit donc pas être considéré comme un paradoxe par rapport aux lois symétriques de la dynamique.*

Malheureusement, nous ne pouvons pas procéder à une vérification sur des modèles réels puisque nous n'avons pas encore les solutions générales des équations du champ d'Einstein pour toutes les coordonnées, tous les fluides réels et des dilatations quelconques au sein d'un système macroscopique isolé

et fini. On peut cependant supposer que la gravitropie locale augmente dans notre univers en expansion de la même façon que dans l'univers idéal et que la variation de l'énergie totale propre est approchée par l'équation (1) lorsque l'on tend vers les limites spécifiées ci-dessus. Puisque cette supposition est fondée sur les idées de la relativité généralisée, il faut s'attendre à ce qu'elle soit valable dans toutes les régions de l'espace où la relativité généralisée a reçu un certain nombre de vérifications expérimentales.

Du point de vue de la relativité généralisée, une variation de la gravitropie (ou du champ gravitationnel et de l'énergie qui lui est liée) se révèle par une variation correspondante de la courbure locale du continuum espace-temps. Il est possible de trouver une analogie tri-dimensionnelle[1] du comportement de la gravitropie dans un univers en expansion avec la comparaison que l'on peut faire entre la gravitation en évolution d'un système thermodynamique et une lame de l'Océan. La surface bi-dimensionnelle d'un Océan peut être imaginée comme un espace analogue à l'hypersurface d'un système thermodynamique donné. Considérons que la direction verticale « vers le haut » représente le sens d'avancement du temps. La lame qui court sur la surface de l'Océan est en mouvement, et, au cours de ce mouvement, sa courbure augmente jusqu'à ce qu'il se forme une crête (une zone de courbure apparente infinie) qui se dissipe en nombreuses petites gouttelettes. De même, lorsqu'un système thermodynamique isolé évolue dans le sens positif du temps, selon les équations d'Einstein, ce système d'abord légèrement incurvé comme la lame, développe également des régions hautement *localisées* de courbure croissante (ou de gravitropie croissante). Cette analogie élimine la possibilité d'une retombée de la lame aussi longtemps que l'univers est en expansion. On peut trouver une autre analogie dans le phénomène du jet qui se désintègre en gouttelettes dans le vide quand il sort d'un récipient (système isolé).

La tendance de la gravitropie à augmenter localement dans un univers en expansion peut être considérée comme le potentiel générateur de tous les phénomènes locaux irréversibles qui se produisent au sein d'un système thermodynamique.[2] En conséquence, un système isolé placé dans un univers en expansion ne peut pas être en état d'équilibre s'il existe des états voisins qui au cours de variation correspondent à des valeurs de gravitropie plus élevées; ceci signifie également qu'aucune variation ultérieure n'est possible si la gravitatropie atteint un maximum.

Cette dernière conclusion peut être démontrée en utilisant à nouveau l'équation (1) dans le cas de l'expansion adiabatique d'un fluide idéal, proche de l'origine de ses coordonnées propres. Avec un système isolé n'ayant pas atteint son équilibre mécanique nous obtenons:

$$\frac{d}{dt}(\delta \upsilon_o) = o \qquad (5)$$

[1] L'évolution dans un espace-temps à 4 dimensions *dépend* de l'information *initiale*. Ce n'est que si l'on connaît la manière dont l'espace à 3 dimensions est inclus dans un espace-temps à 4 dimensions (en connaissant à la fois la « surface » à 3 dimensions initiale et la courbure de cette « surface », analogue à un espace) que l'on peut prédire l'évolution de la géométrie à 3 dimensions au cours du temps.

[2] L'entropie, comme la gravitropie, sont des propriétés d'un ensemble complet. On ne peut pas les localiser, à moins de faire l'hypothèse que des éléments de volume infiniment petits contiennent encore un très grand nombre de molécules (c'est-à-dire que, dans ce cas, on ne considère que les propriétés macroscopiques). Cette hypothèse est essentielle pour formuler les équations différentielles qui décrivent le comportement de l'entropie, par celui de son analogue gravitationnel la gravitropie (cf.réf. [4].

Lorsque le système est en équilibre mécanique nous avons donc:

$$\frac{d\ G_o}{dt} \tag{6}$$

où G_o représente la gravitropie locale.

Par conséquent la loi de croissance de la gravitropie locale dérive de la loi de conservation en relativité généralisée (connue comme l'analogue en relativité généralisée de la première loi de la thermodynamique [1]. La nature de l'énergie gravitationnelle est cependant différente de celle de toutes les autres formes d'énergie. La présence d'une énergie et la présence d'une masse sont les sources d'un champ gravitationnel identique à la courbure de l'espace-temps. Pour échapper à l'effet du champ gravitationnel, il faut s'éloigner à une grande distance des masses qui l'engendrent. Par conséquent, il faut s'attendre à ce qu'une équation de conservation soit valable seulement si le système est complètement isolé. Malheureusement, un système thermodynamique composé de masses en accélération (par exemple, particules, molécules, etc.) ne pourra jamais être complètement isolé car il rayonne des ondes électromagnétiques et gravitationnelles. En d'autres termes, *chaque* variation dans la *distribution de la matière* (par exemple, particules, etc.) à l'intérieur et à l'extérieur d'un système thermodynamique engendre un *effet gravitationnel* qui entraine une *variation de la gravitropie locale*. L'analogie avec le comportement de l'entropie est maintenant tout à fait claire, mais, seulement en ce qui concerne la loi de croissance de l'entropie. Il est nécessaire d'expliquer maintenant la différence qui existe entre les unités de gravitropie (énergie-masse-gravitation-espace-temps) et les interprétations classiques de l'entropie données dans les livres de thermodynamique statistique. Selon les équations d'Einstein sur le champ, la courbure du continuum espace-temps est zéro à de grandes distances des corps gravitationnels. C'est seulement dans ces conditions que disparaît la gravitropie, qui est une mesure de la courbure locale de l'espace-temps. Il n'y a présentement aucune région de l'univers d'où le champ gravitationnel soit complètement absent. Il s'ensuit que la valeur de G_o n'est proche de zéro que dans les profondeurs de l'espace inter-nébulaire. Naturellement, la simple présence d'un instrument de mesure physique engendrerait une gravitropie irréductible.

Il est possible alors de contester la logique de notre interprétation. Pour juger de sa valeur, il faut cependant se rendre compte que toutes nos observations et toutes nos théories sur les phénomènes naturels concourent unîment à la progression de la science vers l'unité. La séparation entre, d'une part, la thermodynamique et la physique des quanta, et, d'autre part, la théorie de la relativité généralisée, trace deux voies différentes pour la science actuelle. Cependant, de nombreux savants pensent que cette période de séparation touche à sa fin. La théorie de la relativité généralisée devrait, selon eux, servir de charpente pour établir une future théorie des quanta. Après de nombreuses tentatives infructueuses pour unifier la gravitation et le champ électromagnétique à l'aide d'une généralisation des équations du champ d'Einstein (tentatives surnommées « théories du champ unifiées »), les savants ont développé une branche nouvelle de la théorie de la relativité généralisée, la géométrodynamique. Ce développement montre que l'étonnante vigueur contenue dans les équations sur le champ d'Einstein possède déjà suffisamment de portée

pour rendre compte du champ électromagnétique et de la charge électrique. Selon ces développements, les propriétés physiques telles que la charge correspondent aux concepts géométriques de connexion multiple et aux autres propriétés topologiques d'un espace vide courbe. Il s'ensuit que cet espace vide courbe est une entité dynamique qui doit évoluer dans le temps. Gouverné par les équations sur le champ d'Einstein, l'espace vide évolue dans des régions de grande courbure dont la magnitude est environ vingt fois plus petite que les particules nucléaires élémentaires. Liées entre elles, ces régions de courbure intense (surnommées « trous chands ») constituent, peut-être, les particules élémentaires. Il y a maintenant cinquante ans qu'Einstein a trouvé dans son principe une solution fondamentale à la dynamique de l'espace, et il est, peut-être, temps de rechercher également une possibilité d'intégrer la thermodynamique dans la charpente de la théorie de la relativité généralisée. C'est grâce à cette tendance générale de la thermodynamique à progresser vers l'unité, que l'on doit se poser la question de savoir si l'entropie est un paramètre indépendant, incompatible avec les équations sur le champ d'Einstein, équations qui montrent que l'on peut, en principe, construire avec un espace vide courbe la gravitation, l'électromagnétisme et, peut-être, la matière (par exemple, l'univers entier ou n'importe lequel de ses composants).

Pittsburgh, University of Pittsburgh and Haifa, Technion-Israel Institute of Technology.

B. Gal-Or

(Traduit par D. Cardot - Gif-sur-Yvette)

BIBLIOGRAPHIE

[1] Tolman R. L. - *Relativity Thermodynamics and Cosmology.* Oxford 1934.

[2] Gold T. - *Recent Developments in General Relativity.* Pergamon Press, p. 225, N.Y. 1962.

[3] Dicke R. H. - *Physics Today, 20* ,(1) 1967.

[4] Gal-Or B. - *A Gravitational Thermodynamic Theory.* Fifth Technical Meeting, « Engineering Science in Space », of the Society of Engineering Science, October 30-November 1, 67, Huntsville, Alabama. (Disponible en volume relié)

L'HABITANT DE HAUTE ALTITUDE EN AMÉRIQUE DU NORD

Parce que les habitants de Leadville n'ont été en haute altitude que pendant quelques générations, l'incidence des réactions défavorables à l'hypoxie est relativement élevée (hypoventilation, polycythémie, hypertension pulmonaire grave, oedème pulmonaire). Il s'est écoulé un temps insuffisant pour que la « sélection naturelle » enlève de la population les personnes qui ne s'adaptent pas bien. Ceci est en contraste avec les populations des Andes où les personnes incapables de s'adapter ont été éliminées. Là, le résultat est une population hautement sélectionnée qui probablement montre beaucoup moins de variabilité individuelle qu'il n'est vu au niveau de la mer. Cependant, en étudiant la population de Leadville, on peut s'attendre à trouver quelques individus qui se sont adaptés à la haute altitude complètement, aussi bien que le natif des Andes, mais on va également rencontrer de nombreuses personnes qui ne sont pas aussi bien adaptées.

Dans les Andes d'Amérique du Sud, l'homme a vécu à des altitudes élevées depuis les temps préhistoriques. A travers de nombreuses générations, une population indienne a évolué, laquelle représente sans aucun doute l'acclimatation la plus complète à l'environnement des hautes altitudes que l'homme peut atteindre. Ces personnes remarquables sont d'un intérêt spécial et la compréhension que nous en avons aujourd'hui est grandement le résultat des efforts de l'Institut de Biologie des Andes, au Pérou, établi par le Dr. Carlos Monge.

Les régions de hautes montagnes dans le monde ont également été visitées par les hommes du niveau de la mer. Leurs motifs ont été divers: la quête de l'or, l'acquisition de davantage de territoire, le défi aux pics élevés, et la curiosité insatiable de l'homme sur lui-même et sur sa réaction envers un environnement étranger. De nombreuses expéditions avec des objectifs combinés physiologiques et d'alpinisme ont contribué beaucoup à notre connaissance de la manière dont l'homme du niveau de la mer s'adapte aux hautes altitudes en une période de quelques jours, semaines ou mois.

Entre ces extrêmes - le natif des Andes et le nouvel arrivant - il y a l'individu avec un degré intermédiaire d'adaptation à la haute altitude. C'est l'homme de race européenne manquant de tous les éléments génétiques ou raciaux d'acclimatation, que l'homme des Andes peut hériter. Il vit en haute altitude depuis de nombreuses années, peut-être depuis le début de sa vie, mais ses parents ou grands-parents vinrent des basses altitudes. On trouve de tels individus en Amérique du Nord, seulement dans une localité. C'est la ville de Leadville, Colorado, U.S.A., avec une population de plus de 8000 habitants à une altitude de 3100 mètres. Cependant, 2500 hommes travaillent quotidiennement au-dessus de 3500 m en qualité d'employés des mines de molybdène Climax. Cette communauté à été fondée il y a environ 100 ans lorsqu'on eut découvert de riches gisements d'or et d'argent. Depuis, les familles les plus anciennes de Leadville n'ont demeuré en haute altitude que pendant seulement 4 générations. Les habitants de cette communauté cependant illustrent la capacité de l'homme à acquérir une adaptation prolongée

à un environnement d'altitude modérément élevée. Divers aspects de ce processus d'adaptation ont été étudiés dans le High Altitude Research Laboratory établi à Leadville en 1964 par le Dr. Grover, dans l'hôpital local St. Vincent.

1. - Réduction de la Capacité de Travail à Haute Altitude. — A 3100 m d'altitude, la pression atmosphérique est 530 mm de Hg, et, par conséquent, l'air n'est que les 2/3 aussi dense qu'au niveau de la mer. L'homme vivant à cette altitude est exposé à un degré significatif d'hypoxie chronique, la pression de l'oxygène alvéolaire (P_AO_2) n'étant que 65 mm Hg comparés aux 110 mm Hg au niveau de la mer. Cet abaissement de la « colonne de pression» de l'oxygène met à l'épreuve les mécanismes de transport de l'oxygène dans le corps et réduit la quantité maximum d'oxygène qui peut être consumée par minute ($\dot{V}O_2$ max). La capacité de l'homme au travail aérobie est par conséquent réduite également. Pugh et al. [33] et Margaria et Cerretelli [27] ont passé en revue le rapport entre $\dot{V}O_2$ max et l'altitude. Ils en ont conclu que, lorsque l'homme du niveau de la mer monte à 3100 m, son $\dot{V}O_2$ max est réduit d'environ 20%, même après adaptation. Des études récentes sur des athlètes émérites [36] ont indiqué que la réduction de leur $\dot{V}O_2$ max est même plus grande que pour les hommes d'une capacité moyenne. Grover et Reeves [14] ont trouvé une réduction de 26% dans le $\dot{V}O_2$ max de 5 jeunes athlètes provenant d'altitude basse, pris à 3100 m. Les mêmes auteurs ont aussi démontré [15] que 5 jeunes hommes natifs de 3100 m, et avec une capacité exceptionnelle pour l'exercice, avait un $\dot{V}O_2$ max moyen inférieur de 29% à celui à faible altitude en dépit de l'acclimatation depuis la naissance. Cela indique que lorsque des hommes de capacité physique semblable sont comparés, la haute altitude réduit $\dot{V}O_2$ max aussi pleinement chez les natifs de Leadville que chez le nouvel arrivant.

Puisque l'habitant bien conditionné à la haute altitude à Leadville n'est apparemment pas supérieur au jeune athlète du niveau de la mer, on se demande si le natif des Andes est supérieur à l'homme de condition physique comparable de basse altitude. Lorsque Hurtado et al. [23] étudièrent des habitants de Morococha, Pérou, à 4540 m, ils trouvèrent que le $\dot{V}O_2$ max était de 39 ml/kg/min; ceci fut confirmé par les valeurs de 36 et 41 ml/kg/min rapportées par Balke [2] et Elsner et al. [7], respectivement. Des jeunes hommes du niveau de la mer en bonne condition physique (varappeurs), une fois adaptés à 4500 m, étaient capables d'égaler les performances de ces natifs [2, 7] avec des valeurs de $\dot{V}O_2$ max de 36-40 ml/kg/min. Puisque le $\dot{V}O_2$ max à 4540 m est 40% moindre qu'au niveau de la mer, alors le natif des Andes aurait un $\dot{V}O_2$ max d'environ 60 ml/kg/min s'il devait descendre à faible altitude. Ceci indique que les natifs des Andes dont les performances à l'entrainement ont été rapportées dans la littérature ont été des individus avec la capacité de travail élevée rencontrée seulement chez les athlètes au niveau de la mer. En d'autres termes, le natif des Andes, travaillant dans son environnement normal de haute altitude, va dépasser la performance de l'« homme moyen » du niveau de la mer, mais il ne va pas être physiquement supérieur à l'athlète bien conditionné de basse altitude. Monge a reconnu cela en écrivant que l'« athlétisme doit être la norme pour la survie de l'homme aux hautes altitudes » [30].

2. - VENTILATION PULMONAIRE DURANT L'EXERCICE. — Un examen de la réponse ventilatoire à l'exercice fournit des indications sur la régulation de la respiration à haute altitude. Lorsque l'homme s'exerce à des tâches constamment plus lourdes, la ventilation ($\dot{V}_E$ BTPS) croît en proportion de l'accroissement de la fixation d'oxygène ($\dot{V}O_2$). Aux altitudes au-dessus du niveau de la mer, un $\dot{V}O_2$ donné est associé à un $\dot{V}_E$ BTPS plus grand, et le $\dot{V}O_2$ max décroît. Reeves, Grover, et Cohn [34] ont examiné ces interrelations et ils ont trouvé que si $\dot{V}O_2$ est considéré non en termes absolus mais plutôt en pourcentage du VO_2 max, alors le $\dot{V}_E$ BTPS assume un rapport constant au $\dot{V}O_2/\dot{V}O_2$ max aux hautes altitudes pour les individus natifs des faibles altitudes. Cela signifie qu'une tâche donnée est ressentie en termes de capacité de travail pour cette altitude, et la ventilation est réglée conformément.

La réponse ventilatoire à l'exercice à 3100 m a été examinée chez cinq jeunes hommes bien entraînés natifs de Leadville par Grover et al. [15]. Le schéma de réponse fut exactement le même que celui vu chez les nouveaux arrivants des basses altitudes (Fig. 1). Cependant, lorsque Grover [8] étudia des habitants de Leadville plus âgés et moins bien conditionnées pratiquant à 3500 m, l'hypoventilation fut démontrée. Notre compréhension de la régulation respiratoire dans la population de Leadville est évidemment incomplète à présent.

Balke [2] a observé que durant l'exercice à 4540 m, pour un $\dot{V}O_2$ donné le natif des Andes a un $\dot{V}_E$ BTPS beaucoup plus faible que le nouvel arrivant. En utilisant les données de Balke [2] et de Hurtado et al. [23], $\dot{V}_E$ BTPS a été relié à $\dot{V}O_2/\dot{V}O_2$ max (Fig. 1), et il ressort que le natif de Morococha est bien hypoventilé. Lahiri et Milledge [25, 29] ont étudié des Sherpas résidant à 4880 m d'altitude en Inde et les ont comparés avec de nouveaux arrivants adaptés à la même altitude. Pendant l'exercice, pour un $\dot{V}O_2$ absolu donné, la ventilation était moindre chez les Sherpas, et cela fut interprété comme une hypoventilation relative. Cependant, les Sherpas avaient un $\dot{V}O_2$ max plus élevé que les nouveaux arrivants. D'où, lorsque $\dot{V}_E$ BTPS était rapporté à $\dot{V}O_2/\dot{V}O_2$ max, les Sherpas n'étaient pas différents des nouveaux arrivants.

L'hypoventilation durant l'exercice chez le résidant de haute altitude pouvait être rapportée à un entraînement respiratoire hypoxique diminué. La sensibilité des chimio-récepteurs de la carotide a été examinée, et à la fois chez les natifs des Andes [37] et les Sherpas [25, 29], la réponse ventilatoire à l'hypoxie alvéolaire accrue était sub-normale, bien que la réponse à l'hypercapnie fût normale. Nous avons également examiné la sensibilité des chimio-récepteurs chez les résidants de Leadville [17]. Même s'ils vivent à l'altitude plus modeste de 3100 m, la réponse ventilatoire à l'hypoxie est beaucoup plus faible que chez les habitants au niveau de la mer. Cette réponse sub-normale est observée non seulement chez les natifs, mais aussi chez les gens de basse altitude qui ont vécu à 3100 m pendant un certain nombre d'années. Nous croyons, par conséquent, que cette réponse sub-normale à l'hypoxie est un trait acquis et non inné. Puisque les réponses ventilatoires à l'hypoxie et à l'exercice n'ont pas été comparée chez les mêmes individus, leur interdépendance reste à déterminer.

3. - CAPACITÉ PULMONAIRE DE DIFFUSION. — Une propriété inhérente au poumon c'est sa capacité à oxygéner le sang. L'oxygène passe du gaz alvéo-

laire au sang des capillaires pulmonaires en vertu de la différence de la pression d'oxygène entre l'air et le sang. Cette diffusion de gaz est restreinte par les tissus séparant le sang de l'air, l'ainsi dite « membrane alvéolaro-capillaire », (encore qu'il soit clairement établi que la diffusion de l'oxygène commence bien à proximité des capillaires vrais [24]). Durant l'exercice au niveau de la mer, le sang veineux général retourne aux poumons avec une tension en oxygène faible. Puisque $P_A O_2$ est élevé, la différence dans la pression d'oxygène de l'air au sang est grande, ce qui favorise une diffusion rapide. A haute altitude, cependant, $P_A O_2$ est nettement réduite, de sorte que la différence de pression de l'air au sang est moindre, limitant par ce fait la diffusion.

Si la capacité pulmonaire de diffusion devait croître à haute altitude, alors davantage d'oxygène diffuserait par minute avec une différence de pression d'oxygène donnée. Cela semblerait être une adaptation utile en haute altitude. Afin de vérifier cette hypothèse, nous avons mesuré le volume sanguin des capillaires pulmonaires ($\dot{V}_c$) et la composante membranaire (D_M) de la capacité pulmonaire de diffusion chez des habitants de Leadville et dans un groupe comparable de gens au niveau de la mer [6]. D_M était plus grand chez les habitants en altitude, alors que V_c était le même dans les deux groupes (Fig. 2). Lorsqu'on étudia 5 autres habitants au niveau de la mer à la fois à haute et à basse altitude, il n'y eut aucun changement dans D_M ou V_c. West [42] ne trouva pas non plus de changement dans D_M pendant plusieurs mois à 5800 m. Nous sommes en droit de conclure de ces observations que l'habitant de Leadville s'est adapté à la haute altitude par l'intermédiaire d'une augmentation significative dans le D_M, un changement non rencontré chez les nouveaux arrivants. Si oui ou non ce changement adaptatif s'est produit chez les natifs des Andes reste à déterminer.

4. - Le debit cardiaque. — Le débit cardiaque, le volume de sang pompé par le coeur par minute, est déterminé par le volume du battement cardiaque (SV) et le rythme cardiaque (HR). Tous les deux facteurs sont modifiés par l'âge, le sexe, la taille, l'état physique, l'inquiétude, la fatigue, etc., et aussi par l'altitude. Pour évaluer le rôle de l'altitude seule, on doit soit étudier le même individu à deux altitudes différentes, ou comparer deux groupes d'individus qui sont très semblables sous tous les aspects, sauf l'altitude de résidence.

Les deux techniques ont été employées dans une étude récente par Grover et Reeves [15, 34], dans laquelle 5 jeunes athlètes du sexe masculin natifs de Leadville ont été comparés avec 5 athlètes du sexe masculin de semblable capacité athlétique et de mêmes caractéristiques anthropométriques résidant à basse altitude. Chaque groupe fut étudié à la fois à 300 m et à 3100 m d'altitude à des rythmes métaboliques s'étageant de l'état basal à la dépense maximum (Fig. 3). Pour une tâche donnée, HR était plus grand à haute altitude. HR maximum n'était pas déprimé à 3100 m d'altitude, mais on atteignait à une dépense laborieuse significativement plus basse. Ce type de réponse au changement d'altitude a été rencontré chez chaque individu. Il était impressionnant que l'altitude élevée accrut le rythme cardiaque dans la même mesure chez les natifs de Leadville que chez les nouveaux arrivants [15].

Dans une étude subséquente, Grover et ses collaborateurs [1, 16] évalua l'effet d'un changement d'altitude sur le débit cardiaque et SV chez les mêmes

individus à la fois à 3100 m et au niveau de la mer. Les sujets étaient 10 hommes qui avaient résidé à 3100 m pendant plus de 3 ans (4 depuis la naissance) et 8 hommes de faible altitude. Le débit cardiaque fut déterminé par la méthode directe de Fick pour l'oxygène pendant l'exercice constant, submaximal, en position dorsale. SV fut calculé à partir du débit cardiaque divisé par HR. Les mesures furent faites d'abord à l'altitude de résidence normale du sujet, et puis répétées 10 jours plus tard en changeant d'altitude. A haute altitude, SV était 15% de moins qu'au niveau de la mer [Fig. 4). Cela n'était pas compensé par un HR plus élevé. D'où, le débit cardiaque pour une fixation donnée en oxygène était réduit d'une manière significative en altitude jusqu'à 2 litres/min (Fig. 5). Ce type de changement fut trouvé chez presque chaque individu, qu'il fût né à 3100 m ou qu'il n'y eût séjourné que 10 jours.

La base pour cette réduction dans le SV n'est pas apparente. Il n'y eut pas d'augmentation dans le SV durant l'exercice lorsque l'hypoxie fut soulagée en élevant P_AO_2 de 65 à 120 mm Hg par administration de 33% d'oxygène pendant 30 minutes. SV ne fut pas non plus ramené aux valeurs du niveau de la mer par expansion du volume plasmatique avec 500 ml de dextrane. Il est probable que la contractilité du myocarde est réduite. Sans doute cette diminution dans le SV contribue-t-elle de façon significative à la réduction dans la capacité à l'effort à 3100 m d'altitude. La valeur de l'étude du même individu à la fois à faible et à haute altitude est évidente, car cet effet de l'hypoxie chronique sur la fonction myocardiaque (SV) ne fut pas apparente lorsque des habitants au niveau de la mer furent comparés avec un groupe distinct d'individus vivant soit à Leadville [8] ou Morococha [3].

5. - Polycythémie. — La concentration en hémoglobine détermine la capacité de transport d'oxygène du sang. Cependant, le volume réel d'oxygène contenu dans un volume donné de sang est dépendant de la mesure dans laquelle cette hémoglobine est saturée. Lors de l'ascension à haute altitude, l'hypoxie atmosphérique produit une chute dans la saturation artérielle en oxygène (S_aO_2) et par conséquent la teneur en oxygène du sang artériel va être réduite. Une augmentation dans la concentration en hémoglobine va tendre à compenser la chute dans S_aO_2. Cette relation entre S_aO_2 décroissant et l'hémoglobine croissante a été décrite par Hurtado, Merino et Delgado [22], pour des natifs d'une large gamme d'altitudes au Pérou. Récemment, on a montré que la même relation s'appliquait à des adultes du sexe masculin résidant en Amérique du Nord à 1600 m aussi bien qu'à Leadville à 3100 m [32]. Cependant, ainsi que Treger, Shaw et Grover [40] l'ont montré, la concentration en hémoglobine à Leadville est également modifiée par l'âge et le sexe tout juste comme aux altitudes moins élevées.

Weil et al. [41] ont examiné la relation normale entre le volume érythrocytaire (RCV) et l'oxygénation artérielle. Des groupes d'hommes normaux ont été étudiés à trois altitudes; niveau de la mer, 1600 m et 3100 m. Le RCV a été déterminé avec du chrome-51 et mis en relation avec la saturation (S_aO_2) et la tension (P_aO_2) en oxygène artériel chez chaque individu. On a trouvé que RCV croissait de manière linéaire, lorsque S_aO_2 décroissait (Fig. 6). En contraste, RCV restait non affecté par P_aO_2 dans le domaine de 60 à 100 mm Hg; ce n'est qu'à des valeurs plus faibles de P_aO_2 que RCV croissait vraiment (Fig. 7). Cela veut dire que ces réductions dans P_aO_2 qui produisaient une

chute dans S_aO_2 étaient accompagnés d'une augmentation dans le RCV, ce qui implique que la production de globules rouges est plus dépendante du transport d'oxygène que de la tension en oxygène arteriel.

La plus grande variabilité individuelle en RCV à l'altitude la plus élevée est probablement une conséquence des différences dans la réponse respiratoire au stimulus hypoxique en altitude. Les individus insensibles qui ont un léger accroissement dans la ventilation alvéolaire vont avoir S_aO_2 plus faible et par conséquent un stimulus plus grand à la production de globules rouges. A l'une des extrémités de ce spectre de réponse à l'hypoxie se trouvent ces malheureux individus qui développent une grave polycythémie secondaire à une simple hypoventilation, l'ainsi dite « maladie chronique des montagnes ». Nous avons identifié plusieurs cas de ce type à Leadville.

6. - Transport général de l'oxygène. — La capacité augmentée pour l'oxygène atteinte par l'augmentation de l'hémoglobine et de l'hématocrite entraîne avec elle le désavantage potentiel d'accroître la viscosité du sang. Cela conduisit Smith et Crowell [39] à la conclusion que le transport d'oxygène était optimal avec une hématocrite d'environ 40%; des hématocrites plus élevées empêchaient le flux sanguin dans leurs expériences aiguës avec des chiens. Puisque l'hématocrite moyenne de l'habitant de Morococha est de 60%, on pourrait se demander si ce degré de réponse polycythémique à la haute altitude est entièrement avantageuses. Banchero et al. [3] ont obtenu des données hémodynamiques chez des habitants au niveau de la mer et chez des natifs des Andes au repos et durant l'exercice (Tableau 1). Il est clair de ces mesures directes que le transport général d'oxygène est virtuellement identique aux deux altitudes. La polycythémie de l'homme à Morococha compense pleinement la diminution dans le S_aO_2 sans réduire le flux sanguin. Nous ne savons pas si ces conclusions s'étendent à un exercice plus sévère en position debout, puisque les mesures n'ont été faites que durant un effort modéré en position sur le dos.

Tableau I.

Transport de l'oxygène dans l'organisme chez des habitants du niveau de la mer et chez des natifs des hautes altitudes. D'après Banchero et al. [3].

	Altitude mètres	Hb g %	HbO_2 capac. ml/l	O_2artér. saturation %	O_2artér. teneur ml/l	Fixation Oxygène ml/min-m²	Indice cardiaque l/min-m²	Transport Oxygène dans l'Organisme ml/min-m²
REPOS	150	14.8	198	95.7	190	153	3.97	756
	4540	19.4	259	78.4	202	161	3.97	803
EXERCICE	150	15.4	208	94.9	197	719	6.83	1350
	4540	20.1	269	69.4	186	779	7.70	1430

7. - HYPERTENSION PULMONAIRE. — L'hypoxie aérienne accroît la résistance vasculaire pulmonaire chez une large variété d'espèces animales y compris l'homme. [10]. Ce phénomène est plus dramatique chez le bétail qui développe une grave hypertension pulmonaire conduisant au collapsus cardiaque et à la mort à des altitudes aussi modestes que 3000 m. Des études intensives chez cette espèce par Grover et Reeves [13] ont montré que la contraction de petites artères pulmonaires musculaires est responsable de la majeure partie de l'augmentation dans la résistance vasculaire à l'intérieur des poumons.

De l'hypertension pulmonaire se développe également à un degré significatif chez l'homme résidant à altitude élevée. D'un examen des populations d'Amérique latine, Cruz et al. [4] ont démontré une relation parabolique plutôt que linéaire entre l'altitude de résidence et la gravité de l'hypertension pulmonaire. Dans cette réponse à l'altitude, nous trouvons une différence distincte entre la population vivant à 3100 m à Leadville et le natif des Andes. Parmi 28 adolescents résidant à Leadville, la pression artérielle pulmonaire moyenne générale au repos était 25 mm Hg [9]. Celle-ci est beaucoup plus élevée qu'on le prédirait pour 3100 m. Plutôt, elle est comparable aux pressions trouvées à une altitude de 4500 m dans les Andes (Fig. 8).

Encore qu'il n'y ait point de doute quant à la validité de ces mesures de pression, la base de leur non-conformité n'est pas évidente. Dans une étude subséquente, Grover et al. [12] ont mesuré les pressions artérielles pulmonaires chez 18 adultes d'un âge allant de 26 à 57 ans. A nouveau la pression moyenne au repos fut de 25 mm Hg. Cependant, dans l'étude la plus récente d'hémodynamique [16] 10 hommes sains âgés de 25-35 ans résidant à Leadville avaient une pression moyenne générale de seulement 18 mm Hg; 4 de ces hommes demeuraient à Leadville depuis la naissance. L'état actuel de notre connaissance indique une variabilité individuelle marquée en termes de la réponse pressorielle pulmonaire à l'hypoxie chronique de l'altitude parmi la population de Leadville. Nous croyons que cela est une indication que le résident en haute altitude de l'Amérique du Nord est en réalité un nuoveau-venu génétique à son environnement. Nous sommes dans la situation d'observer une population hétérogène du niveau de la mer exposée à un stimulus insolite — l'hypoxie chronique. Les individus dans cette population déploient le plein spectre normal de réponse allant des hyporéactifs aux hyperréactifs. Ainsi, l'hypoxie produit chez certaines personnes une petite vaso-constriction pulmonaire, tandis que le même stimulus chez d'autres personnes provoque une vaso-constriction accusée et une hypertension pulmonaire relativement grave.

8. - OEDÈME PULMONAIRE. — Une réaction rare, mais potentiellement fatale, à la montée aux hautes altitudes c'est le développement d'un oedème pulmonaire aiguë. Le mécanisme responsable de cette formation oedémateuse demeure une énigme, particulièrement depuis qu'elle se produisit chez de jeunes individus autrement sains, souvent des enfants. Encore qu'elle puisse se produire chez un homme du niveau de la mer lors de sa première exposition aux hautes altitudes [18, 38], il y a aussi de nombreux compte-rendus d'oedème pulmonaire se développant chez des natifs des hautes altitudes peu après leur retour en altitude à la suite d'un séjour au voisinage du niveau de la mer [19, 26, 28]. Les habitants de Leadville développent aussi cette forme de mauvaise adaptation à l'altitude. J'ai vu cinq cas bien documentés, chacun se produi-

sant dans les 24 heures du retour au foyer à 3100 m après une visite à faible altitude.

Des études hémodynamiques effectuées au niveau de la mer sur des individus qui se sont rétablis d'un oedème pulmonaire de haute altitude n'ont pas révélé d'anomalies. Cependant, Hultgren a postulé que des anomalies latentes vasculo-pulmonaires pourraient être présentes, lesquelles ne pourraient être décelées que durant l'exposition à l'altitude. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons collaboré avec Hultgren [11] en étudiant 5 hommes avec des histoires bien documentées d'épisodes répétés d'oedème pulmonaire lors de l'ascension de montagnes. Au niveau de la mer, tous avaient une hémodynamique et des gaz sanguins artériels normaux. Chacun fut alors emmené rapidement à 3100 m où il passa la nuit. Le lendemain matin, chaque homme grimpa à 3900 m et revint à 3100 m où il subit une seconde étude hémodynamique. Aucun ne développa d'oedème pulmonaire. Tous avaient une hypertension artérielle marquée, mais une pression « cunéiforme » des capillaires pulmonaires normale; les pressions artérielles pulmonaires moyennes étaient 40 mm Hg au repos pour s'élever à 65 mm Hg pendant l'effort. En dépit de l'hyperventilation avec un faible P_aCO_2 et alcalinose, les valeurs de P_aO_2 étaient anormalement basses par suite d'une grande différence de la pression d'oxygène alvéolaire par rapport à l'oxygène artériel. Ceci implique soit de grosses différences entre la distribution de l'air et du sang dans le poumon (anomalie $\dot{V}/\dot{Q}$), ou la lésion de la diffusion de l'oxygène, due peut-être à de l'oedème de la membrane capillaro-alvéolaire. Cette étude montre pour la première fois des anomalies définies dans la fonction du lit vasculaire pulmonaire qui pourraient bien être des précurseurs de l'oedème pulmonaire déclaré.

9. - Thrombose coronaire. — Depuis que l'hypoxie chronique stimule le développement d'anastomoses coronaires intra-artérielles [5], ce processus pourrait diminuer les dommages myocardiaques résultant de l'occlusion de l'artère coronaire chez l'habitant des hautes altitudes. En effet, pendant de nombreuses années Hurtado [20, 21] a attiré l'attention sur l'impression que la mort par occlusion coronarienne est rare chez les Péruviens des Andes. Une semblable impression parmi les médecins pratiquant à Leadville incita Morton, Davids et Lichty [31] à rapporter les statistiques de mortalité à l'altitude dans le Colorado. Ils en conclurent que l'« apparente rareté des cas de désordres athérosclérotiques du coeur et d'hypertension fatals aux hautes altitudes dans le Colorado est due à des proportions plus faibles de personnes âgées dans la population (de haute altitude) ». En d'autres termes, leur analyse n'a fourni aucune preuve que la résidence en haute altitude protège l'individu de la thrombose coronaire fatale. C'est bien de se rendre compte que la validité de cette conclusion est sous la dépendance de l'exactitude avec laquelle la cause de la mort a été établie sur les certificats de décès. Des études minutieuses post mortem du tronc artériel coronaire chez les habitants des hautes altitudes pourrait fournir une preuve plus directe sur cet important sujet.

Denver, University of Colorado Medical Center.

R. F. Grover

(Traduit par B. Bizzini - Neuilly-sur-Seine)

REMERCIEMENTS. — *Il a été possible de recueillir les informations résumées dans cette revue grâce à la coopération incessante des habitants de Leadville, Colorado, des médecins du Lake County Medical Society, et du personnel du Lake County Public Health Nursing Office. L'auteur est profondément reconnaissant aux Soeurs de St. Vincent's Hospital pour leur aide dans le fonctionnement du High Altitude Research Laboratory. Des remerciements sincères sont dus aux nombreux médecins qui ont participé à ces études, et aux techniciens de recherche et aux infirmières qui ont fourni une aide aussi excellente que loyale. L'auteur désire aussi exprimer son estime à Audrey Van Camp pour son secours dans la préparation de ce manuscript.*

BIBLIOGRAPHIE

[1] ALEXANDER, J. K., L. H. HARTLEY, M. MODELSKI and R. F. GROVER. *Reduction of stroke volume during exercise in man following ascent to 3100 m altitude.* J. Appl. Physiol. 23: 849-858, 1967

[2] BALKE, B. *Work capacity and its limiting factors at high altitude.* In: The Physiological Effects of High Altitude, ed. W. H. WEIHE. Oxford, Pergamon Press, 1964, pp. 233-247.

[3] BANCHERO, N., F. SIME, D. PEÑALOZA, J. CRUZ, R. GAMBOA and E. MARTICORENA. *Pulmonary pressure, cardiac output, and arterial oxygen saturation during exercise at high altitude and at sea level.* Circulation 33 : 249-262, 1966.

[4] CRUZ-J., J., N. BANCHERO, F. SIME, D. PEÑALOZA, R. GAMBOA and E. MARTICORENA. *Correlation between pulmonary artery pressure and level of altitude.* Dis. Chest 46 : 446-451, 1964.

[5] DAY, S. B. and C. W. LILLEHEI. *Experimental basis for a new operation for coronary artery disease.* Surgery 45 : 487-495, 1959.

[6] DEGRAFF, A. C. JR., R. F. GROVER, J. W. HAMMOND JR., J. M. MILLER and R. L. JOHNSON JR. *Pulmonary diffusing capacity in persons native to high altitude.* Clin. Res. 13 : 74, 1965.

[7] ELSNER, R. W., A. BOLSTAD and C. FORNO. *Maximum oxygen consumption of Peruvian Indians native to high altitude.* In: The Physiological Effects of High Altitude, ed W. H. WEIHE, Oxford, Pergamon Press, 1964, pp. 217-223.

[8] GROVER, R. F. *Effects of hypoxia on ventilation and cardiac output.* Ann. N. Y. Acad. Sci. 121 : 662-673, 1965.

[9] GROVER, R. F. *Pulmonary circulation in animals and man at high altitude.* Ann. N. Y. Acad. Sci. 127 : 632-639, 1965.

[10] GROVER, R. F. *Comparative physiology of hypoxic pulmonary hypertension.* In: Cardio vascular and Respiratory Effects of Hypoxia, ed J. D. HATCHER and D. B. JENNINGS Basel/New York, S. Karger, 1966, pp. 307-321.

[11] GROVER, R. F., L. H. HARTLEY, H. MILLER and H. N. HULTGREN. *Latent pulmonary circulatory abnormalities in men with a past history of pulmonary edema at high altitude.* J. Clin. Invest. 46 : 1064, 1967.

[12] GROVER, R. F., J. T. OKIN, H. R. OVERY, A. TREGER and F. H. N. SPRACKLEN. *Natural history of pulmonary hypertension in normal adult residents of high altitude.* Circulation 32: Suppl. II : 102, 1965.

[13] GROVER, R. F., J. T. REEVES, D. H. WILL and S. G. BLOUNT JR. *Pulmonary vasoconstriction in steers at high altitude.* J. Appl. Physiol. 18 : 567-574, 1963.

[14] GROVER, R. F. and J. T. REEVES. *Exercise performance of athletes at sea level and* 3100 *meters altitude.* Med. Thorac. 23 : 129-143, 1966.

[15] GROVER, R. F., J. T. REEVES, E. B. GROVER and J. E. LEATHERS. *Muscular exercise in young men native to* 3100 *meters altitude.* J. Appl. Physiol. 22 : 555-564, 1967.

[16] HARTLEY, L. H., J. K. ALEXANDER, M. MODELSKI and R. F. GROVER. *Subnormal cardiac output at rest and during exercise in residents at* 3100 *m altitude.* J. Appl. Physiol. 23: 839-848, 1967.

[17] HARTLEY, L. H., J. V. WEIL, G. JAMIESON and R. F. GROVER. *Peripheral chemoreceptor insensitivity in moderate altitude North American residents.* Clin. Res. 15 : 346, 1967.

[18] HOUSTON, C. S. *Pulmonary edema at high altitude.* In: Normal and Abnormal Pulmonary Circulation, ed R. F. GROVER. Base/New York, S. Karger, 1963, pp. 313-330.

[19] HULTGREN, H. N., C. E. LOPEZ, E. LUNDBERG and H. MILLER. *Physiologic studies of pulmonary edema at high altitude.* Circulation 29 : 393-408, 1964.

[20] HURTADO, A. *Pathological effects of life at high altitudes.* Milit. Med. 117 : 272-284, 1955.

[21] HURTADO, A. *Some clinical aspects of life at high altitudes.* Ann. Int. Med. 53 : 247-258, 1960.

[22] HURTADO, A., C. MERINO and E. DELGADO. *Influence of anoxemia on the hemopoietic activity.* Arch. Int. Med. 75 : 284-323, 1945.

[23] HURTADO, A., T. VELASQUEZ, C. REYNAFARJE, R. LOZANO, R. CHAVEZ, H. ASTE-SALAZAR, B. REYNAFARJE, C. SANCHEZ and J. MUÑOZ. *Mechanisms of natural acclimatization. Studies on the native resident of Morococha, Peru, at an altitude of* 14,900 *feet.* U.S.A.F. School of Aviation Medicine Report 56-1 : 1-62, 1956.

[24] JAMESON, A. G. *Gaseous diffusion from alveoli to pulmonary arteries.* J. Appl. Physiol. 19 : 448-456, 1964.

[25] LAHIRI, S. and J. S. MILLEDGE. *Muscular exercise in the Himalayan high altitude residents.* Fed. Proc. 25 : 1392-1396, 1966.

[26] LOPEZ, D., C. E. *Edema agudo pulmonar por hipoxia de altitud.* Prensa Medica (La Paz) 16 : 74-79, 1964.

[27] MARGARIA, R. and P. CERRETELLI. *Physiological aspects of life at extreme altitudes.* In: Biometeorology, ed .S. W. TROMP. Oxford, Pergamon Press, 1962, pp. 3-25.

[28] MARTICORENA, E., F. A. TAPIA, J. DYER, J. SEVERINO, N. BANCHERO, R. GAMBOA, H. KRUGER and D. PEÑALOZA. *Pulmonary edema by ascending to high altitudes.* Dis. Chest. 45 : 273-283, 1964.

[29] MILLEDGE, J. S. and S. LAHIRI. *Respiratory control in lowlanders and Sherpa highlanders at altitude.* Resp. Physiol. 2 : 310-322, 1967.

[30] MONGE-M., C. *Acclimatization in the Andes.* Baltimore, Johns Hopkins Press, 1948, p. 47.

[31] MORTON, W. E., D. J. DAVIDS and J. A. LICHTY. *Mortality from heart disease at high altitude.* Arch. Environ. Health 9 : 21-24,1964.

[32] OKIN, J. T., A. TREGER, H. R. OVERY, J. V. WEIL and R. F. GROVER. *Hematologic response to medium altitude.* Rocky Mtn. Med. J. 63 : 44-47, 1966.

[33] PUGH, L. G. C. E., M. B. GILL, S. LAHIRI, J. S. MILLEDGE, M. P. WARD and J. B. WEST. *Muscular exercise at great altitudes.* J. Appl. Physiol. 19 : 431-440, 1964.

[34] REEVES, J. T., R. F. GROVER and J. E. COHN. *Regulation of ventilation during exercise at* 10,200 *feet in athletes born at low altitude.* J. Appl. Physiol. 22 : 546-554, 1967.

[35] REYNAFARJE, C. *The influence of high altitude on erythropoietic activity.* In: Homeostatic Mechanisms. Upton, N. Y., Brookhaven National Laboratory, 1958, pp. 132-146.

[36] SALTIN, B. *Aerobic and anaerobic work capacity at* 2300 *meters.* Schweiz Z. Sportmed. 14 : 81-87, 1966.

[37] SEVERINGHAUS, J. W., C. R. BAINTON and A. CARCELEN. *Respiratory insensitivity to hypoxia in chronically hypoxic man.* Resp. Physiol. 1: 308-334, 1966.

[38] SINGH, I. *High altitude pulmonary edema.* Am. Heart J. 70 : 435-439, 1965.

[39] SMITH, E. E. and CROWRLL J. W. *Influence of hematocrit ratio on survival of unacclimatized dogs at simulated high altitude.* Am. J. Physiol. 205 : 1172-1174, 1963.

[40] TREGER, A., D. B. SHAW and R. F. GROVER. *Secondary polycythemia in adolescents at high altitude.* J. Lab. Clin. Med. 66 : 304-314, 1965.

[41] WEIL, J. V., G. JAMIESON, D. W. BROWN and R. F. GROVER. *The red cell mass - arterial oxygen relationship in normal man.* J. Clin. Invest. (in press).

[42] WEST, J. B. *Diffusing capacity of the lung for carbon monoxide at high altitude.* J. Appl. Physiol. 17 : 421-426, 1962.

LA PHOTOSYNTHÈSE CONDITION DE TOUTE VIE

La photosynthèse est un processus naturel des plantes vertes de toutes espèces. Sans elle il n'y aurait pas de vie sur notre globe. Elle prend naissance à partir de l'énergie du rayonnement solaire, laquelle est transformée par le pigment vert des plantes, la chlorophylle, en énergie chimique. Le contenu de l'article suivant comprend l'exposition détaillée des faits ci-après: La genèse de la chlorophylle, ses propriétés physiques et chimiques, son état naturel, ainsi que les propriétés de ses précurseurs les plus simples, la place de tous ces pigments dans la cellule végétale. Les réactions se déroulant dans la photosynthèse sont facilitées par des enzymes. La notion d'enzyme. La première réaction de la photosynthèse: chaque deux molécules d'eau sont scindées en hydrogène et en hydroxyle, lors de quoi une molécule d'oxygène se dégage librement. L'hydrogène libéré d'autre part réduit aussitôt le gaz carbonique de l'air en sucres de différentes natures. De ces derniers dérivent alors les produits presque indénombrables du métabolisme. Parmi ceux-ci les produits devenus superflus ou nocifs sont oxydés par la respiration dans un métabolisme opposé, dans lequel de la chaleur apparaît comme énergie. Alors s'accomplit aussi une autre scission de chaque fois deux molécules d'eau avec les mêmes produits que dans la photosynthèse. Ainsi, de deux processus opposés dérivent des produits semblables, qui se trouvent l'un par rapport à l'autre dans un équilibre caractéristique. Les réactions de la photosynthèse sont influencées par une multitude de facteurs (p.ex. température, concentration en humidité de l'air, du CO_2, influence de la respiration, la quantité de lumière solaire que reçoit la plante, le degré d'ouverture des stomates, l'état fortuit de anté, etc.).

A première vue il paraît que bien peu de conditions soient nécessaires pour que la photosynthèse s'accomplisse, mais en réalité ces conditions sont très compliquées. Cela explique la méconnaissance générale et l'incroyablement faible intérêt qui se manifeste à son égard. Lorsque l'on évoque cette question devant des personnes d'un niveau culturel élevé (parfois même devant un éminent spécialiste d'une science naturelle quelconque), de ce que peut bien être la photosynthèse, on peut, à de très rares exceptions, s'attendre à un certain étonnement étranger en tant que réponse.

Par contre c'est réellement un processus naturel dont notre existence à tous dépend.

Lorsque l'on veut caractériser la photosynthèse de manière superficielle seulement, on pourrait dire que celle-ci est dépendante de quelques cinq espèces de conditions, à savoir: le rayonnement du soleil, le pigment vert de nos plantes, soit la chlorophylle, la photophosphorylation, un système pluri-enzymatique spécial et la respiration.

SEULES LES PLANTES VERTES PEUVENT EFFECTUER CETTE SYNTHÈSE DONT DÉPEND TOUTE VIE SUR LA TERRE.

Comme exemple concret je voudrais mentionner que si beaucoup d'individus se trouvent un temps assez long dans une pièce mal éclairée et qu'en plus ils sont suffisamment occupés par un travail théorique ou pratique, qu'alors leur bien-être se détériore à vue d'oeil. Cela est généralement attribué à la pollution de l'air nécessaire à la respiration et à sa teneur insuffisante en oxygène. Cet état devient rapidement insupportable. Si, cependant, le local est convenablement éclairé par le soleil et surtout orné de plantes à grandes feuilles, l'humeur de la société se trouve en peu de temps amicale, gaie. Ce phénomène a déjà éveillé à la fin du 18ème siècle l'attention d'un médecin hollandais, du nom

de JAN INGENHOUS, qui se mit à conduire des expériences avec des souris. Il en plaça quelques-unes sous une cloche en verre, les pourvut en nourriture, mais il les laissa à l'obscurité. Une autre série de souris, au contraire, il les abandonna à vrai dire dans des conditions semblables, si ce n'est qu'il les laissa dans un local bien éclairé, convenablement ensoleillé en plaçant également sous leur cloche de verre quelques plantes vertes. Cette partie des souris continua à vivre de manière alerte, encore qu'elles restassent la nuit dans l'obscurité. En revanche, les souris du premier groupe succombèrent rapidement en quelques jours. De ces expériences INGENHOUS tira la conclusion qui suscita alors l'étonnement, mais exacte, que les plantes améliorent l'air, qu'à l'obscurité au contraire elles dépérissent. En revanche, se répandit l'opinion absurde que les plantes respirent de façon inverse des animaux. Les critiques n'avaient il est vrai alors aucun soupçon de ce que la respiration n'est possible qu'avec la consommation d'un constituant de l'air, l'oxygène, et que celle-ci a également lieu dans les plantes comme chez les animaux. Mais les plantes possèdent pour autant l'avantage qu'elles peuvent utiliser, par exploitation de l'énergie solaire, l'oxygène présent au sein de leur organisme, qu'elles ont la possibilité de céder pendant le jour, comme présent en excès, en partie également aux animaux. Le jour cela se déroule aisément, mais de nuit ou d'une manière générale dans l'obscurité les plantes ne libèrent que du gaz carbonique lors de la respiration et celui-ci est inutilisable pour l'animal. Ce n'est que lorsque LAVOISIER, ce talent rare et génial de chimiste, naquit, que les connaissances existantes purent commencer à s'appliquer à la solution des innombrables tâches du puzzle de la photosynthèse. Ce n'est qu'à cette période qu'il fut possible de remarquer et d'appréhender du reste un phénomène naturel étonnant, que, par le truchement du rayonnement solaire, se déroule sur notre globe une quantité énorme d'échanges énergétiques. Et ce n'est qu'alors que l'on fit attention à ce que le pigment vert des plantes, surtout dans la multitude immense des algues marines et de certaines espèces de bactéries contiennent le même pigment vert, la

CHLOROPHYLLE.

Ce n'est qu'à la fin du 19ème siècle que les premiers essais tâtonnants sur ce pigment vert passèrent à la phase d'étude et de préparation de celui-ci, et il est vrai que ce fut une série de chimistes organiciens des plus éminents (Monteverde, Marchlevsky, Hoppe-Seyler, etc., 1880), qui s'en occupèrent. Cependant, leurs préparations étaient contaminées ainsi qu'il s'avéra plus tard, de multiples substances, principalement minérales (potassium, fer, phosphore, etc.). Il n'y avait alors pas du tout de quoi s'étonner de la manière dont ces substances étaient contenues dans diverses combinaisons qui jouent dans les réactions de la chlorophylle un rôle important quelconque. Seulement au 20ème siècle viennent à bout de ces difficultés presque insurmontables deux chimistes allemands Willstätter et Stoll (1913). A ces recherches extrêmement importantes contribuèrent également Hans Fischer et Conant. Pour ces expériences fondamentales les chercheurs durent élaborer des méthodes beaucoup plus délicates que celle dont on avait fait usage jusqu'alors en chimie organique et biologique. Pour confirmer convenablement les résultats, on dut soumettre les préparations des différentes chlorophylles (voir plus loin) à des essais propres de dégradation. C'est ce qu'accomplirent avec une exactitude et un soin parti-

culiers Willstätter et Stoll. De cette manière ils purent préparer des combinaisons sans magnésium et dégradées différemment, ce par quoi la constitution et la structure imaginées furent prouvées. Dans ces essais ils purent démontrer toute une longue série d'enzymes spécifiques. (Voir plus bas).

Les formules chimiques des deux chlorophylles:

Chlorophylle-a	$C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$
Chlorophylle-b	$C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$

En outre il y a dans des bactéries activement photosynthétisantes la Bactériochlorophylle $C_{55}H_{74}O_6N_4Mg$. Dans ces formules brutes la formule de structure n'est naturellement pas apparente.

La combinaison originelle est un amino-acide simple ne contenant que deux atomes de carbone, la *glycine*, ou acide amino-acétique

$$\begin{array}{l} CH_2.COOH \\ | \\ NH_2 \end{array}$$

A partir de cette combinaison prennent aussi naissance les pigments beaucoup plus simples, ayant la conformation de la chlorophylle, mais qui sont construits sans exception de seulement 4 atomes de carbone et d'un atome d'azote en cycle et couplés les uns aux autres comme les *phycobilines*, ils accomplissent la photosynthèse dans les algues marines et ils sont par conséquent à considérer comme des précurseurs de la chlorophylle.

De cette combinaison très simple mentionnée ci-dessus, la glycine, sont issues également toutes les combinaisons de structure plus compliquée qui font partie du grand groupe des protéines et de la série apparentée, encore plus importante des nucléoprotéines. En outre nous intéressent ici le plus les combinaisons simples mentionnées précédemment, en tant que points de départ de la chlorophylle elle-même, ainsi que les précurseurs de notre pigment construits plus simplement déjà mentionnés précédemment. Quatre telles structures sont unies alors en un cycle en forme d'étoile imaginé purement du point de vue théorique, la *porphine*. On peut alors inférer de celle-ci la structure fondamentale de la chlorophylle, qui chez tous les êtres vivants existe à l'état de différentes porphyrines. Ces dernières apparaissent chez tous les êtres vivants couplées au fer en tant qu'enzymes (appelées cytochromes) comme effecteurs de la dégradation. L'enchaînement de leur phylogénie naturelle est commun au début avec celui de la chlorophylle, mais en un certain point que l'on pourrait nommer point de transition, les lignées se séparent: l'une des parties acquiert un atome de fer en son sein, l'autre un atome de magnésium. De cette dernière dérive alors après quelques légères modifications la *chlorophylle* elle-même.

La chlorophylle pure cristallise en aiguilles en forme de lance, de coloration bleu-vert avec une touche de noir. Soluble dans l'alcool, insoluble dans l'eau et le pétrole. Il y en a deux espèces, comme mentionné déjà ci-dessus, la chlorophylle-a et celle désignée par -b. Cette dernière est de couleur un peu plus foncée. Les deux manifestent de la *fluorescence*; un phénomène lumineux qui prend naissance en solution alcoolique sous l'effet de la lumière solaire et que l'on peut aisément observer, en ce que la solution revêt une coloration bleu-rouge dans son épaisseur. Elle ne peut pas être mise directement en solution par l'alcool à partir des feuilles, car elle est ancrée aux protéines dans les cellules des feuilles. Il s'agit d'examiner encore trois autres chlorophylles,

désignées par -c, -d et -f. Les chlorophylles -a et -b sont présentes dans les feuilles des différentes plantes à un taux de 0,13 jusqu'à 0,35%, dans lequel la variété -a prédomine le plus souvent dans un rapport triple. Les pigments qui prennent part à la photosynthèse sont enrobés à l'état de petits granules dans les chloroplastes du plasma des cellules.

En dehors des chlorophylles il y a, il est vrai, encore d'autres pigments, c'est à dire d'autres combinaisons présentes dans les feuilles, à savoir les *carotinoïdes* d'un beau rouge et leurs dérivés jaunes, les *xanthophylles*, tous ensembles représentant un tiers des pigments verts. Les carctènes peuvent facilement être transformés en vitamine A, ce qui par exemple est surtout important dans les carottes comme une conséquence de la digestion des carottes fraîches. Mais naturellement uniquement non cuites, car la transformation est l'oeuvre d'enzymes qui sont détruites par le chauffage. La synthèse naturelle et le mode de transformation sont par conséquent aussi à attribuer à la *lumière du soleil.*

Tout spécialement est à mentionner la teneur en azote et la teneur en soufre des dérivés des combinaisons protéiques primaires. A celles-ci appartiennent à proprement parler les enzymes qui, partout, rendent possible les transformations biochimiques ultérieures. (Voir plus loin).

Dans ce groupe de première catégorie on pourrait mentionner les acides nucléiques contenant du phosphate, l'ADN et l'ARN. Ceux-ci mettent en branle la synthèse de tous les autres composés indispensables à la vie (vitamines, hormones, composés de seconde catégorie, etc.).

Les *enzymes* déjà mentionnées précédemment sont des catalyseurs ou des effecteurs de réactions qui facilitent les réactions s'effectuant difficilement et ce, à savoir, en abaissant l'énergie réactionnelle nécessaire à la réaction. Les enzymes sont tout simplement des protéines (composés protéiques), dont la structure s'adapte à la structure du composé à transformer. C'est ainsi que l'on a également dans la photosynthèse un grand nombre d'enzymes. Hormis les enzymes reconnues pour la première fois, auxquelles on a donné des noms spécifiques, cela est devenu aujourd'hui impossible de devoir donner à chaque enzyme un nom caractéristique correspondant à une réaction partielle. Par exemple, les premiers produits de la photosynthèse sont deux molécules de sucre-phosphate contenant chacune 3 atomes de carbone qui ont été formées dans l'organisme vivant par voie enzymatique et ont été ultérieurement transformées, d'où la désignation de l'enzyme catalyseur « triose-phosphate déhydrogénase ». Cela signifie que l'enzyme spécifique enlève un atome d'hydrogène au phosphate de triose en question.

On pourrait par conséquent identifier les enzymes[1] à des artistes-mécaniciens physiologiques ou biochimiques. Par cela est caractérisée l'une des propriétés les plus importantes des enzymes: chaque enzyme est le plus souvent étroitement spécialisée dans une certaine réaction.

Les réactions complexes des transformations photosynthétiques sont en général catalysées par des enzymes[2]. L'une des réactions les plus importantes c'est la phosphorylation, lors de laquelle est introduit par une enzyme spécifique un radical phosphate (composant phosphorique) dans le composé particulier, le plus souvent à la place d'un atome d'hydrogène. Par cela la vitesse

[1] Jadis on les a également appelées ferments. Mais ce sont des micro-organismes qui renferment bien une variété d'enzymes, et eux-mêmes ne sont pas des enzymes.

[2] On appelle catalyseurs des effecteurs de réactions s'accomplissant difficilement.

pratique de transformation du composé en question est considérablement élevée, donc son pouvoir réactionnel amélioré, parce que le phosphate apporte toujours une certaine quantité d'énergie. Par conséquent les sucres-phosphates sont p. ex. beaucoup plus réactifs que les sucres « libres ». L'énergie utile ici, par l'intermédiaire du phosphate, dérive naturellement aussi de la *lumière solaire*.

En cet endroit j'aimerais insérer l'explication d'un trait important de la structure des enzymes. Les enzymes se composent le plus souvent de deux moitiés qui ne peuvent manifester leur action catalytique qu'en commun. La moitié la plus petite, généralement 1% de l'enzyme, la *coenzyme*, la moitié nettement plus grande c'est l'*apoenzyme* (v. EULER, 1923). Les deux réunies sont appelées *holoenzyme*. L'apoenzyme porte la stricte spécificité, la coenzyme est la constituante activant, qui incite également l'holoenzyme dans une certaine mesure à déclencher la réaction avec le substrat.

Beaucoup de coenzymes sont des composés organiques que l'on peut préparer par synthèse. Elles contiennent le plus souvent du phosphate qui, grâce à sa forte réactivité, contribue à la réaction accélérée de l'enzyme. Parmi les coenzymes on compte aussi un certain nombre de *métaux*, parmi lesquels il faut ranger surtout les ainsi dits *oligoéléments* intervenant en quantités minimes. Les coenzymes organiques sont relativement moins spécifiques et c'est pourquoi ils participent à des réactions de nature diverse.

Cette subtile spécificité s'exprime dans beaucoup d'autres transformations biochimiques, à un degré très élevé avec les composés protéiques (protéines) et dans une mesure frappante avec les enzymes, de plus avec les acides nucléiques et surtout avec leurs protéides, pour autant que jusqu'à présent on ait en gros réussi à en expliquer toutes les finesses. Ces difficultés se présentent aussi dans les enzymes par suite de leur *propriété physique colloïdale* qui est très complexe et qui est à l'origine d'un tel comportement. Un phénomène des plus importants c'est qu'elles entrent facilement en contact avec certains composés dont la structure est adaptée à celle de l'enzyme, avec création alors d'un lien spécifique, mais chimiquement lâche. Cependant, une partie se sépare très facilement de tels agrégats, partie qui ne fait déjà plus partie de l'agrégat existant au début. *L'action de l'enzyme* consiste par conséquent en ce qu'elle abaisse l'énergie utile de réaction de cette dernière, donc à proprement parler en ce qu'elle facilite la mise en oeuvre de telles réactions. C'est pourquoi elles sont tout simplement des catalyseurs. La demande amoindrie de cette manière de quantité d'énergie réactionnelle pour la réaction en question facilite par conséquent le cours de la réaction. C'est ainsi qu'est explicable l'action des enzymes. De telles réactions, il s'ensuit alors que l'action synthétisante d'une part des enzymes peut également être une action opposée en fonction de la concentration relative des composés impliqués. Par conséquent, les mêmes enzymes peuvent soit synthétiser, soit dégrader dans la *respiration* selon les rapports de concentration.

Les facteurs exposés jusqu'à présent de la photosynthèse doivent être encore complétés par la mention d'une réaction extrêmement importante, à savoir par *le mode de pénétration du radical phosphate*. Ce constituant est dans beaucoup de réactions biochimiques la condition de la transformation chimique et en particulier de la photosynthèse. Voici la première transformation caractéristique qui introduit ces derniers, et ce, à l'aide d'un grand nombre d'enzymes (*Système multi-enzymatique*).

Lorsque le rayonnement solaire frappe la feuille verte, la chlorophylle

ou selon l'espèce de plante un pigment analogue absorbe l'énergie incidente. La chlorophylle n'est cependant pas une enzyme. L'énergie transférée scinde d'abord deux molécules d'eau en deux radicaux libres, en hydrogène 4 (*H*) et 2 *hydroxyles* (*OH*):

$$2\ H_2O = 4H + 2\ OH$$

et en outre il se forme de plus un nucléotide phosphaté très actif, l'*ATP* (adénosine-triphosphate), lequel également est synthétisé par le truchement du rayonnement solaire, donc par celui de l'énergie photosynthétique. Sont encore actifs dans ce processus deux espèces de *nucléotides*, les di- et triphosphonucléotides (DNP, TNP) et la protéine fixée à la chlorophylle. A la suite des réactions mentionnées de la *dissociation de l'eau il y a libération d'O_2 moléculaire*, qui se dégage. Auparavant l'on a émis beaucoup de théories pour expliquer ce phénomène jusqu'à ce que la solution exacte s'imposa. On inféra notamment des premières expériences que l'O_2 émanait du CO_2, ce qui apparut naturel lors de l'expérimentation de cette époque. Cette conclusion erronée apparut alors plausible, car l'on pensait que l'O_2 dérivait du CO_2 de sorte que les atomes de H puissent transformer avec l'aide d'autres produits le carbone résiduel (C) en hydrates de carbone (sucres, amidon, etc.). La grande différence dans la mise en règle de la genèse de l'O_2 libre consista en cela que celui-ci ne naissait pas du CO_2, mais de *l'eau* (*Réaction de Hill*). Les atomes d'hydrogène ainsi libérés réduisent le *gaz carbonique* (CO_2) en sucres de différentes natures, que l'on a désigné pour la concision par l'expression chimique généralisée (CH_2O). Mais les sucres formés de cette manière sont phosphorylés. D'où dérive la désignation de *photophosphorylation*. Cette dernière est une des réactions les plus importantes de la photosynthèse. Cependant il faut aussi que des catalyseurs propres soient présents (vitamine-K_1, proteines, etc.). L'éminent ADOLF V. BAYER (1884) proposa que le formaldéhyde pourrait vraisemblablement être un composé intermédiaire approprié. Cela parut si évident, que le célèbre EMIL FISCHER (en manière de plaisanterie appelé le « Zuckerfischer » « Pêcheur de sucres », parce qu'il avait alors appris à synthétiser dans son laboratoire différentes espèces de sucres encore inconnues) fit faire par PASSMORE des expériences personnelles avec sa méthode générale bien connue aux osazones. Le résultat fut positif. Cinquante années s'écoulèrent pendant lesquelles de vaines tentatives furent faites pour démontrer l'intervention du formaldéhyde comme intermédiaire. La solution vraisemblable du phénomène grandiose de la photosynthèse n'aboutit que dans les années 50 dans le laboratoire de CALVIN et collaborateurs, parmi lesquels en particulier BENSON et plusieurs autres.

Comme *premiers produits de la photosynthèse* apparaissent des phosphates de sucres avec trois jusqu'à sept atomes de carbone, qui ne sont pas formés selon la succession, mais qui accomplissent un cycle. Le cycle commence avec trois molécules de CO_2 et il est ainsi ordonné que le dernier composé rend possible l'ouverture d'un nouveau cycle, de la manière même que cela s'est fait dans le premier cycle. Le jeu continue ainsi, naturellement, aussi longtemps que le rayonnement solaire, ou plus exactement exprimé que la lumière du soleil au jour persiste. La nuit intervient cependant la *respiration*. Celle-ci oxyde dans des réactions à l'obscurité, il est vrai à l'aide d'enzymes oxydatives ainsi qu'il est connu les produits issus de la photosynthèse, et leurs résidus inutilisables. L'oxydation procède avec libération de chaleur. C'est pour-

quoi *il existe un rapport entre ces deux processus opposés, ils se complètent l'un l'autre dans le métabolisme.* Alors a lieu *dans l'obscurité par le truchement de cette énergie une seconde dissociation de deux molécules d'eau,* les mêmes produits du catabolisme que dans la dissociation dans la photosynthèse lors de l'anabolisme, et aussi une synthèse d'ATP. L'énergie déployée est alors utilisée pour la phosphorylation dans le métabolisme.

Des facteurs internes et externes peuvent influencer de différentes manières la photosynthèse. Sans énumérer les changements tout à fait subtiles, je signale seulement qu'avant tout les variations journalières dans l'intensité de la *lumière solaire,* ainsi qu'en fonction de la saison, occasionnent des variations persistantes dans l'intensité de la photosynthèse. S'y ajoute l'influence de la *température,* p. ex. à midi en été peut s'instaurer une certaine dépression. Sous cet angle il est bien notoire que les Anglais se rendent autant que possible en Italie pour les vacances, parce qu'ils peuvent jouir là-bas d'un fort ensoleillement, d'une chaude température et concurremment de beaux parcs de plaisance. Parmi les différents facteurs figure p.ex. *l'état hygrométrique de l'air.* Il y a dans les Andes (Amérique du Sud) un paysage formé essentiellement de hauts rochers, où l'humidité de l'air est insuffisante à la photosynthèse. Cela est tout à fait extraordinaire et est la cause que sur cette partie de la contrée ne croissent aucunes plantes. Produit un effet particulier la concentration en *gaz carbonique* (CO_2), dont l'accroissement favorise dans une certaine mesure la photosynthèse. La concentration normale en CO_2 dans l'air est ainsi qu'on le sait 0,03%. Une élévation modérée augmente bien la photosynthèse. Cependant les concentrations excessives (10-15%) sont déjà nocives. De manière semblable s'exprime *l'influence de la respiration,* qui dépend surtout il est vrai de la teneur en oxygène libre de l'air. Sur tous ces facteurs exercent une action les *stomates* dont j'ai rendu compte déjà précédemment. Provoque un effet visible la *chlorose* (chlorosis) dans laquelle le beau vert de la chlorophylle commence par pâlir pour virer à un jaune sale et mène à la disparition de la végétation, même des grands arbres. La manifestation de cette maladie des plantes dépend de très nombreux facteurs, p. ex. d'un équilibre non satisfaisant de quelques ions métalliques dans la nutrition, p.ex. K-Mg, etc.

Si nous jetons un regard rétrospectif sur toutes ces particularités de la photosynthèse, on est frappé malgré soi par les subtilités qui partout, ici et là, sont en oeuvre, en bref par les finesses qui se font jour dans la spécificité et la finalité et dans le choix des facteurs les plus variés. Nous ne pouvons considérer la petitesse de l'homme dans le règne naturel qu'avec recuillement. Nous ne pouvons pas même concevoir profondément quelle signification l'éternité revêt dans le temps et l'infini dans l'espace. Un Goethe lui-même et d'autres grands penseurs auraient certainement éprouvé dans ces pensées un sentiment plus profond s'ils avaient essayé de s'occuper des phénomènes naturels.

C'est pourquoi nous devons apprendre à connaître les phénomènes naturels, pour autant que cela paraisse possible. Nous n'en saisirons jamais ainsi qu'il est prévisible toute l'étendue.

Budapest, Université.

G. Doby

(Traduit par B. Bizzini - Neuilly-sur-Seine

Liste des symboles chimiques et de quelques désignations

Amylase: c'est une enzyme qui hydrolyse l'amidon en glucose.

ATP = Adénosine-triphosphate: c'est un triphosphate qui prend naissance en tant que l'un des premiers produits de la photosynthèse, ainsi que de la réaction de respiration.

(CH_2O): un mode de représentation général d'un monosaccharide.

ADN et *ARN*: sont des composés organiques apparentés aux nucléotides par lesquels sont désignés les composés les plus complexes de cette sorte. ADN = acide désoxyribonucléique, ARN = acide ribonucléique. Le premier assigne à chaque amino-acide sa structure que l'acide ribonucléique transporte et insère alors à la place qui lui échoit dans l'édifice de la molécule de protéine. Cette manière d'explication n'est provisoirement à concevoir que symboliquement, car les transformations ne sont provisoirement pas toutes connues; la tâche est encore beaucoup plus compliquée pour éclaircir dans les détails ce mécanisme (p. ex. seulement le nombre des systèmes enzymatiques, etc.). Parmi les problèmes qui demeurent c'est l'une des nombreuses énigmes qui sont en quelque sorte encore à résoudre.

Enzymes: elles sont constituées de protéines. De manière archaïque et erronée on les appelle ferments. Ces derniers sont des microorganismes, p.ex. les bactéries les plus diverses, qui renferment bien de nombreuses enzymes et qui pour cette raison même ont été mal compris. Tout à fait erroné. De semblable façon il y a des ferments dans la fermentation alcoolique ou acétique.

Glucose: ou sucre de raisin, c'est un monosaccharide. Appelé de manière erronée et archaïque dextrose.

Hémoglobine: est un constituant du sang des animaux. Elle effectue l'oxydation des aliments devenus inutilisables et régénère ce faisant le sang. Sa structure chimique est semblable à celle de la chlorophylle, mais ce qui est important dans sa structure c'est qu'elle contient du fer (Fe) au lieu du magnésium (Mg). Ce fait a précisément un rôle de premier plan dans les transformations.

Hydrolyse: c'est la dissociation de l'eau en H et OH. Souvent intervient une réaction enzymatique. Lorsque deux molécules d'eau sont hydrolysées à la fois, il est possible que la dissociation aboutisse à 4 H et O_2. Le H agit alors de manière réductrice, le O_2 de manière oxydante sur les divers produits de scission.

Hydroxyle: c'est le radical de l'eau: OH. Il naît dans l'hydrolyse de l'eau.

Carbone: symbole C.

Gaz carbonique: CO_2 (dioxyde de carbone), un gaz beaucoup plus lourd que l'air; dans ce dernier 0,03 %, sa solution aqueuse c'est l'eau gazeuse (eau de soda). C'est l'un des acides les plus faibles.

Magnésium = Mg, un métal qui existe dans les diverses chlorophylles.

Monosaccharide: c'est une sorte de sucre qui, de quelconque manière, lorsque transformé chimiquement avec 3-7 atomes de C se transforme en un composé plus ou moins riche en carbone que le monosaccharide d'origine.

Nucléotides: ce sont des combinaisons organiques qui contiennent C, H, N, P et O, que le plus souvent synthétise le noyau de la cellule. Ceux-ci ont en tant qu'enzymes une participation éminente dans les phosphorylations, réductions, etc. et même dans la photosynthèse.

Chimie organique ou *combinaison organique*, etc., est caractéristique de ces matières qui traitent des composés contenant du carbone ou des composés qui contiennent du carbone, qui ont une part en biologie. En revanche, la *Chimie Minérale ou Inorganique* est cette partie de la chimie qui s'occupe des substances inanimées de la nature.

Protéine = albumine comprend d'innombrables variétés. Le corps animal comprend en majorité, les os exceptés, des protéines.

Radical (du latin radix) indique n'importe quel constituant d'un composé qui dans les réactions chimiques, sans transformation, peut migrer d'un composé dans un autre. P. ex. PO_4 est le radical de l'acide phosphorique ou, globalement, de tous les composés phosphatés. Souvent le radical est aussi HPO_4.

Réduction: voir hydrolyse.

Oxygène: dénomination internationale « oxygen ». Symbole O. A l'état moléculaire O_2, dans l'air environ 23 %.

Soufre: symbole S.

Aérifères ou *stomates*: ce sont des ouvertures refermables entre deux cellules, le plus souvent à la face inférieure des feuilles. On pourrait les comparer avec des portes formelles qui présentent cependant d'innombrables variations dans la disposition. Une fonction biochimique réside en ce que des enzymes spécifiques transforment par hydrolyse des composés macromoléculaires en composés plus petits. P. ex. l'amidon s'accumulant dans les cellules est hydrolysé par l'amylase en glucose. Cela crée une pression osmotique plus grande sous l'action de laquelle les stomates se referment en empêchant la pénétration de l'humidité, du CO_2 et l'évolution de l'O_2 photosynthétique. La conséquence en est l'interruption de la photosynthèse.

Oligoéléments: (micro-éléments): ce sont ceux, le plus souvent des métaux, qui dans la nature, surtout dans le sol, n'existent qu'en quantités minimes. Ces derniers ont souvent un rôle de premier plan chez les organismes vivants. En tant que médicament, on connait de nos jours la vitamine B_{12} dans la structure très complexe de laquelle intervient également Co (Cobalt) et le cyanure. En outre, p. ex. l'arsenic, le bore, le cuivre, le zinc, etc., sont également à inclure dans les oligoéléments.

Azote: en anglais « nitrogen », symbole N. Dans l'air environ 77 %.

Eau: H_2O (se compose donc de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène).

Hydrogène: symbole H, à l'état moléculaire H_2.

RAISONNEMENT INDUCTIF PAR LES MACHINES À PENSER

Le raisonnement inductif est l'une des propriétés essentielles de l'intelligence humaine. Les machines à penser, telles que les calculateurs à programme, possèdent, jusqu'à un certain point, cette propriété, mais l'essentiel de leur fonctionnement demeure purement déductif. On étudie, à titre d'exemple, des programmes pour jouer aux échecs ou des programmes de dialogue. On décrit un programme de dialogue à raisonnement inductif que les auteurs élaborent actuellement.

DÉFINITIONS. — Nous désignerons par le terme: « machines à penser » des calculateurs modernes munis d'un programme et d'organes d'entrée et de sortie qui les relient au monde extérieur. Grâce à ces organes, une machine est en interaction avec ce monde, à la fois par les évènements extérieurs qu'elle détecte, par les effets qu'elle produit grâce à ses organes de sortie, et par l'enregistrement en retour de certains de ces effets.

Depuis plusieurs siècles, de nombreuses définitions du raisonnement inductif ont été proposées (Kyburg, 1964). Il semble qu'il y ait un accord général sur la définition du raisonnement déductif, présenté comme démonstratif, explicatif (par exemple, tous les termes de la conclusion se trouvent dans les prémisses) et dont la conclusion ne possède pas de termes plus généraux que ceux qui sont dans les prémisses. Un raisonnement est déductif si, et seulement si, les prémisses garantissent la conclusion. Bien que ceci ne fasse pas l'objet d'un agrément général, il semble établi que la définition du raisonnement inductif doive présenter celui-ci comme non démonstratif, que ses conclusions peuvent (mais pas nécessairement) contenir des termes généraux et également des termes qui ne sont pas dans les prémisses. Les prémisses d'un raisonnement inductif ne garantissent pas une conclusion mais fondent sa vraisemblance sur des raisons saines ou judicieuses. Puisque la vraisemblance d'une conclusion est décisive, nous discuterons de l'élaboration d'un raisonnement inductif en le considérant comme un système de croyances.

Une croyance consiste en une proposition tenue pour vraisemblable dans un système composé de croyances reliées entre elles et de procédés pour leur traitement. Nous supposerons qu'une croyance est une configuration de concepts représentée sous la forme d'un graphe orienté fait de noeuds et de chaines. Les noeuds sont les concepts et les chaines sont les relations qui existent entre eux. Chaque croyance est affectée d'un indice particulier qui représente un degré de vraisemblance. La vraisemblance n'est pas la probabilité. Par exemple, la somme des indices d'une croyance et des indices de la croyance contraire peut être supérieure à 1. Chaque croyance est également affectée d'un indice représentant un degré d'importance. Les procédés de traitement comportent l'estimation du lien entre deux croyances, le calcul de leur similitude, la constatation d'un antagonisme, l'appréciation de leur possibilité, etc.

L'inférence est un procédé de raisonnement par lequel la vraisemblance

d'une croyance peut être évaluée, sur la base de la vraisemblance d'autres croyances qui lui sont reliées, grâce à un critère de rapport. Les procédés de raisonnement comprennent à la fois les argumentations déductive et inductive, telles qu'elles sont définies ci-dessus. Pour être plus explicite, nous envisagerons un exemple hypothétique de raisonnement quotidien. Nous modifierons un exemple classique utilisé par Descartes, Leibnitz et Peirce dans leurs discussions du raisonnement inductif.

Le raisonnement d'un Homme Moyen. — Supposez qu'un homme moyen lise un livre anglais. Étant donné que c'est sa langue maternelle, il sait que c'est un livre écrit en anglais, seule langue avec laquelle il est familier. Il peut identifier le livre comme membre de la classe conceptuelle des livres anglais. Remarquant les lettres qui composent les mots (lettres et mots sont également des membres de classes conceptuelles), il se demande quelles peuvent être leurs fréquences dans ce livre. (La raison de cette curiosité sera étudiée ultérieurement en relation avec la création des hypothèses). Après avoir compté les lettres figurant sur plusieurs pages du livre, il forme l'hypothèse suivante: « Ce livre contient 11,25% de '*e*', 8,5% de '*t*'. 8,0% de '*a*'...etc. », son hypothèse donne la fréquence d'apparition de chaque lettre de l'alphabet anglais. A ce moment, placée dans son propre système de croyances, son hypothèse représente une croyance ayant un certain degré de vraisemblance. Ensuite, pour expérimenter cette hypothèse en vue de diminuer ou d'augmenter son degré de vraisemblance, il compte toutes les lettres de toutes les pages du livre (heureusement le livre est petit). Si sa distribution initiale de fréquences est «grossièrement» valable il attribuera ensuite un plus grand degré de vraisemblance à son hypothèse. Par la suite, il peut en formuler une deuxième, plus générale, candidate à l'attribution d'une certaine vraisemblance: « Tous les livres anglais ont 11,25% de '*e*', 8,5% de '*t*', 8,0% de '*a*'.. etc. ».

Pour vérifier cette hypothèse générale, il examine alors plusieurs livres anglais, afin de voir si ces pourcentages demeurent valables. Si ils le demeurent, il dira alors qu'il a rendu hautement vraisemblable sa généralisation sur cette propriété des livres anglais.

Toutes les fois qu'il rencontrera un livre anglais dont il n'a pas encore compté les lettres, il pourra prédire que ce livre contient 11,25% de '*e*', 8,25% de '*t*', 8,0% de '*a*', etc, en s'appuyant sur sa croyance que tous les livres anglais partagent cette distribution de la fréquence de leurs lettres. Son raisonnement est formé des croyances suivantes:

B1: Tous les livres anglais contiennent 11,25% de '*e*', 8,25% de '*t*', 8,0% de '*a*'... etc.

B2: Ceci est un livre anglais.

B3: Par conséquent, ce livre contient 11,25% de '*e*', 8,5% de '*t*', 8,0% de '*a*'... etc.

Il vérifie d'abord son hypothèse initiale et la généralisation de cette hypothèse le conduit à tenir B1 comme vraisemblable. Il tient B2 pour vraisemblable en s'appuyant sur d'autres propriétés qui lui permettent de croire que ce nouveau livre est anglais. A partir de B1 et de B2, B3 est vraisemblable. La conclusion B3 sur le livre en question a été obtenue par un raisonnement déductif. Si le raisonnement déductif a été utilisé pour parvenir à B3, c'est

le raisonnement inductif qui a permis d'établir B1 à partir de: «ceci est un livre anglais» et de: «ce livre contient 11,25% de '*e*', 8,5% de '*t*', 8,0% de '*a*'... etc.

Un jour, notre homme moyen rencontre un objet qu'il peut identifier comme un livre et ce livre contient des symboles écrits qu'il ne reconnait pas. Il peut l'écarter en pensant que c'est un livre étranger ou se demander si c'est un ouvrage anglais écrit avec un certain code. En d'autres termes, il formule comme une hypothèse B2: «Ceci est un livre anglais ». Il peut vérifier cette hypothèse en comptant les fréquences des symboles et lui attribuer ensuite une vraisemblance en utilisant B1 et B3 dans son raisonnement. Ainsi, s'il trouve un symbole dont la fréquence est 11,25%, un autre dont la fréquence est 8,5% etc, il lui est permis de faire ensuite l'essai des substitutions appropriées. Si les mots codés commencent à apparaitre avec un sens en anglais, il concluera: « Ceci est un livre anglais ». Naturellement, il peut se tromper car sa généralisation B1 dit: «*Tous* les livres anglais... etc» et non: « *Seuls* les livres anglais... etc ». Mais son argument inductif est solide et il est typique de la plupart des raisonnements de sens commun.

La classification des concepts et la capacité d'identifier des entités comme membres de classes sont des notions fondamentales pour l'établissement du raisonnement inductif. Une entité est définie par ses propriétés et ses relations avec les autres entités. Les propriétés sont des concepts de classes. Une entité, dont une croyance donnée assigne une appartenance à une classe, possède des propriétés qui peuvent être prédites et qui ne figurent pas parmi celles qui ont servies à l'identifier, par exemple « ceci est un livre anglais ». Attribuer une croyance aux propriétés, par exemple: « ce livre contient 11,25% de '*e*', 8,5% de '*t*', 8,0% de '*a*',... etc. », permet de prédire la classe dont l'entité est membre. Une classe peut être baptisée « bonne » ou « utile » quand elle remplit des fonctions nombreuses pour celui qui classe. Ces classes utiles contiennent des implications de deux sortes [1]: la croyance qu'une entité est membre d'une classe implique que l'entité sera pourvue de nombreuses propriétés, en plus de celles utilisées pour son identification et [2] les relations entre les classes donnent des propositions ou des croyances qui impliquent de nombreuses autres croyances dans un domaine particulier d'intérêt.

L'Homme Moyen, le Savant, le Logicien, l'Homme Idéal. — Un savant au raisonnement empirique, connaissant la façon dont notre homme moyen est arrivé à ses conclusions ne les trouvera pas si vraisemblables. Par exemple, la croyance B1: « Tous les livres anglais contiennent 11,25% de '*e*', 8,5% de '*t*', 8,0% de '*a*'... etc. » peut être tenue pour vraisemblable car elle s'appuie sur l'examen de plusieurs livres anglais. Ce groupe représente un sous-ensemble de la classe des livres anglais, mais l'on ne peut admettre qu'il représente un échantillonnage suffisament étendu et correct pour justifier une conclusion statistique contenant le terme « tous ». Lorsque les livres examinés ne constituent pas un échantillonnage correct, le savant prétendra que le raisonnement inductif transposé de ces cas particuliers à une classe entière n'est pas acceptable.

Mais le « tous » du savant n'est pas tout à fait le même que le « tous » de l'homme moyen qui ne sait rien des problèmes d'échantillonnage. Comme

aboutissement de son travail, le savant essaye de faire des exposés vrais sur des classes universelles. Mais les classes universelles n'existent pas pour l'homme moyen. Ce qu'il veut dire lorsque il affirme B1, c'est simplement que tous les livres anglais qu'il a examiné jusque là montrent de tels pourcentages et qu'il suppose qu'il en sera de même pour le *livre anglais suivant.* Remarquez que sa croyance B1 est une conclusion qu'il a tirée de cas particuliers antérieurs et qu'il l'utilise comme base de suppositions portant sur de futurs cas particuliers. Lorsque on lui dit qu'il existe un livre anglais dépourvu de la lettre 'e', il soupçonnera qu'il a été écrit exprès (il est d'ailleurs tombé juste) ou que cela est une anomalie tellement rare qu'il continuera d'attribuer un degré élevé de vraisemblance à B1. Informez-le des effets d'un échantillonnage erroné et il en conviendra peut-être, tout en ajoutant cependant qu'il raisonne de cette façon pour les milliers de choses de son univers quotidien, et celà avec un certain succès puisque il fait ce qu'il veut, et va où il veut, de manière non aléatoire.

Le logicien, alors qu'il admire l'argumentation déductive de l'homme moyen aboutissant à la conclusion B3, émet des doutes sur l'établissement de B1, appuyé sur des cas particuliers car il pense que le raisonnement inductif n'est pas justifié. L'homme moyen n'a jamais entendu parler du problème de la justification du raisonnement inductif. Le savant en a, peut-être, entendu parler mais il élimine cette objection en la considérant comme un exemple supplémentaire de la façon dont les philosophes se paralysent eux-mêmes en appliquant des critères déductifs aux arguments inductifs. Pour le savant, comme pour l'homme moyen, le raisonnement inductif est justifié en pratique, mais non logiquement, par le fait que nous devons profiter de l'expérience.

Le logicien, cherchant la certitude, voudrait voir l'homme moyen et le savant raisonner selon l'idéal de la déduction. Un homme idéal ne commet pas de manquements à la logique. Il sait que « si A, alors B » et que A est la cause il s'ensuit B. Mais l'homme moyen et le savant commettent une faute répétée en tenant l'effet comme assuré lorsqu'ils posent « si A, alors B : B est l'effet, par conséquent A ». Leur conclusion, « par conséquent A », n'est pas certaine mais plus vraisemblable qu'invraisemblable. En plus de gagner la certitude dans le raisonnement, le logicien voudrait, que l'homme rationnel idéal, aie une mémoire parfaite attribue correctement les vraisemblances, élimine les croyances incorrectes, retrouve dans tous les cas les croyances les plus pertinentes, évite les distorsions produites par les facteurs affectifs et soit libéré de la fatigue.

Nous sentons que les machines à penser ne doivent pas tenter de s'identifier à l'homme idéal car elles ne seraient pas correctement adaptées au monde réel. Si une machine à penser en vient à s'adapter au monde réel, elle devra raisonner, au début, comme l'homme moyen et ensuite essayer de parvenir au niveau du savant. La logique déductive soutient que si les prémisses sont vraies alors la conclusion doit être vraie. Dans le monde réel, la difficulté réside toujours dans le statut des prémisses du point de vue de la vérité. Ce statut est rarement aussi clairement établi que la dichotomie « vrai-faux » du logicien. Le raisonnement déductif n'est pas toujours aussi sûr qu'on le prétend. Il a ses propres faiblesses, en ce sens que l'on peut omettre sans le savoir des prémisses essentielles, qu'il peut y avoir des ambiguïtés dans la sémantique de termes mal définis, et des contradictions peuvent surgir n'importe quand.

La limitation de l'argumentation déductive résultant des théorèmes de Gödel, Tarski et Church ne doit pas davantage entraver les programmes de machines à penser qu'elles n'entravent l'homme moyen ou le savant dans leur contact avec le monde réel. Il se peut que l'on ne puisse pas formaliser des raisonnements empiriques mais il n'y a pas besoin de les formaliser. L'idéal déductif ne convient pas aux machines à penser qui doivent tirer profit de l'expérience, en dépit de l'incertitude et de la complexité du monde et de «l'irrationnalité» en elle-même. Pour justifier notre insistance en ce qui concerne l'importance du raisonnement inductif pour les machines à penser, laissez-nous considérer quelques uns de leurs programmes courants.

Quelques Machines à Penser Courantes. — Les programmes pour calculateurs qui jouent aux échecs ont, selon les critères humains, un comportement intelligent. Les programmes pour jeux d'échecs de la Stanford University et du Carnegie Institute of Technology fonctionnent de la même façon. Des programmateurs leurs donnent un certain nombre de principes généraux ou principes heuristiques comme connaissances de départ. La tâche du programme est d'évaluer chaque position au cours de la partie en utilisant ces principes heuristiques et de choisir un coup en accord avec le but, qui est de gagner la partie.

Est-ce que les programmes pour jouer aux échecs mettent en oeuvre un raisonnement inductif? La réponse à cette question dépend de la façon dont on définit un raisonnement inductif. Le programme ne peut ni découvrir ni établir des principes heuristiques. Il les utilise d'une façon déductive comme B1 et B2 on été utilisé pour arriver à B3 dans notre exemple du livre. Si le raisonnement inductif est défini à peu près comme étant n'importe quel argument dont la conclusion est seulement probable, alors un programme pour jeu d'échecs met en oeuvre un raisonnement inductif. Mais si cette définition comporte la formation et l'établissement d'une règle générale, alors le programme ne raisonne pas inductivement.

Comme exemple, supposez que la règle heuristique donnée au programme soit la suivante: « Dans les fins de parties avec une Tour et un Pion passé (A); la Tour doit être derrière le Pion passé (B) ». Une fois que cette position est identifiée, le programme placera la Tour derrière le Pion. Le raisonnement est déductif, suivant l'argumentation: si A, alors B: A est la cause, par conséquent B. La tache du programme est seulement de reconnaitre que A est la cause, ou, si nous reprenons l'exemple du livre, de tenir comme vraisemblables B1 et B2. Une fois que cette identification, ou reconnaissance, est faite, une règle d'action indique ce qui doit être fait, et celà comme conclusion d'une déduction. Peut-être la reconnaissance des position est-elle inductive? Non, car il existe un principe heuristique donnant au programme les caractéristiques des fins de partie avec une Tour et un Pion passé.

A un certain moment de l'histoire des échecs, un joueur formula (nous ne savons pas comment) l'hypothèse que la-Tour-derrière-le-Pion-passé était une bonne stratégie. Expérimentée de nombreuses fois en pratique, cette hypothèse devint une croyance possèdant une vraisemblance élevée et enfin parvint au statut d'un principe heuristique inscrit dans les traités de jeu d'échecs et dans les programmes. Quiconque apprend les échecs aujourd'hui

trouve ce principe dans les livres ou dans l'enseignement d'autres joueurs et l'utilise comme guide dans son propre jeu. Il n'y a aucune garantie que la-Tour-derrière-le-Pion-passé soit *toujours* la meilleure position mais « en général » c'est le cas et ce principe général figure au repertoire de tous les bons joueurs d'échecs.

Il est possible, et hautement probable, que certains joueurs découvrent ce principe par eux-mêmes en jouant ou en analysant leurs propres parties. Les programmes actuels ne découvrent ni ne créent des principes généraux qui leurs soient nouveaux. Mais rien n'empêche un programme de découvrir et d'établir des principes heuristiques. Si un programme pouvait créer des hypothèses pour les expérimenter et accumuler l'expérience comme le fait l'homme moyen, il serait capable de découvrir et d'établir des principes heuristiques par lui-même. Ils peuvent n'être pas nouveaux, si les joueurs les ont déja découverts, mais ils seraient nouveaux pour le programme. En ne faisant rien d'autre que de jouer aux échecs, un programme pourrait, avec le temps, découvrir des principes heuristiques encore inconnus aux joueurs humains. Chaque génération de grands maîtres découvre de nouveaux principes heuristiques et il n'existe pas de principe théoriquement démontré prouvant qu'un programme ne pourrait pas le faire.

Il existe un programme pour jeu de dames (Samuel, 1959) qui tire des enseignements de l'expérience et améliore ses performances dans le temps. Cette amélioration provient d'une meilleure application des fonctions d'évaluation données par le programmateur. Le programme ne découvre aucune fonction d'évaluation nouvelle à partir de son expérience. Comme les programmes pour jeu d'échecs, son raisonnement est déductif.

On peut soutenir que très peu de joueurs d'échecs ou de dames créent des hypothèses et établissent des principes heuristiques. Les joueurs humains s'améliorent si on leur apprend des principes heuristiques nouveaux, ou lorsqu'ils les assimilent à l'occasion d'une partie contre un adversaire vainqueur. Leur habileté augmente lorsqu'ils savent choisir le meilleur des principes heuristiques en face de positions typiques dans la partie. La bonne mémoire d'un grand maître est un avantage sur le joueur moyen lors de positions cruciales au cours de la partie car il peut, en utilisant un principe heuristique particulier, renverser le cours des évènements. Il raisonne par analogie à un grand nombre de situations dont il se rappelle les issues. Mais les grands maîtres découvrent assurément des principes heuristiques nouveaux. Certains en font profiter autrui, certains les gardent secrets pour des raisons professionnelles et certains sont incapables de les formuler. Il serait souhaitable qu'à l'avenir les programmes de jeu d'échecs puissent rivaliser avec les grands maîtres non seulement dans l'habileté au jeu mais aussi dans la découverte de principes généraux nouveaux.

Un autre type de programme qui se conduit intelligemment, ou qui semble se conduire intelligemment, est un programme de dialogue qui participe à des conversations avec des hommes dans leur language naturel (Colby and Enea, 1967). Notre programme particulier limite le domaine du discours aux croyances, attitudes, opinions etc. de la personne qui participe au dialogue homme-machine. Il est capable d'identifier les expressions introduites sous forme de mots comme membres de classes sémantiques et syntaxiques. La reconnaissance de cette forme linguistique apporte une réponse exprimée sous la forme d'une expression en language naturel appropriée à la personne

dans le contexte du dialogue. Le programme pose des questions, donne des réponses, « perçoit » une sémantique primitive et crée l'illusion de la compréhension beaucoup plus qu'il ne comprend réellement. Tel qu'il est actuellement, il fait peu de tentatives pour établir des généralisations excepté pour une situation dans laquelle il tente de former et d'expérimenter une relation de cause à effet. Lorsqu'une personne introduit une phrase ayant le schéma syntaxique [Quand (1er groupe-nom) (1er groupe-verbe) (2ème groupe-nom) (2ème groupe-verbe)], le programme interroge « (2ème groupe-nom) (2ème groupe-verbe) parceque (1er groupe-nom) (1er groupe verbe)? » Par exemple, si la phrase introduite avait été « Quand mon père est mort ma mère est devenue triste », le programme aurait demandé « Votre mère est devenue triste parceque votre père est mort? » et si la personne répond affirmativement les deux croyances sont emmagasinées avec la seconde comme raison de la première. Si il raisonnait de façon plus inductive, le programme devrait emmagasiner une implication ayant la forme suivante, candidate à la généralisation: « si x est marié à y et que y meurt, alors x devient triste ». Si au cours de futurs dialogues le programme trouve l'une des deux parties de l'implication, il posera une question concernant l'implication, question ayant pour but d'augmenter ou de diminuer la vraisemblance de la règle générale.

Le plus grand défaut des programmes actuels de dialogue consiste en leur inhabileté à construire, à partir des conversations qu'ils ont avec les hommes, une structure mémorisante organisée de telle façon qu'un raisonnement inductif extensif puisse apparaitre comme un résultat de l'expérience empirique. Les machines à penser de l'avenir en seront capables. A titre d'exemple, nous décrirons un programme de dialogue que nous développons actuellement à Stanford.

UNE MACHINE À PENSER DONT LE RAISONNEMENT EST INDUCTIF. — Une machine à penser doit tirer son enseignement de l'expérience, en combinant ses connaissances avec les données introduites par les personnes avec lesquelles elle est en conversation. Comme l'homme moyen, elle devrait d'abord raisonner comme un enfant et parvenir graduellement à l'âge adulte. Son but pratique devrait être de perfectionner ses capacités de raisonnement, à la fois inductif et déductif, telles qu'on les trouve dans le raisonnement de tous les jours. Comme idéal, elle doit d'efforcer d'atteindre la précision et l'élaboration critique des connaissances courantes qui sont caractéristiques du savant empiriste.

Le programme de calcul que nous expérimentons contient, au départ, une connaissance conceptuelle élémentaire; il contient aussi les méthodes qui lui permettent d'enrichir cette connaissance à l'aide des données qu'il reçoit ainsi que des possibilités de reconnaissance des formes sémantiques et syntaxiques du langage naturel et de réponse avec les expressions de ce language. Le programme débute, comme un enfant, avec un vocabulaire élémentaire qui lui permet d'exprimer des propositions de croyances sur le monde des hommes. On assigne également au programme un nombre réduit de buts (tels que rechercher les informations nouvelles, éviter les conflits trop sévères etc) et des méthodes lui permettant d'évaluer si oui ou non ces buts sont atteints. Puisque le programme a peu d'informations au départ,

il posera beaucoup de questions dans ses dialogues, comme un enfant le fait, lorsqu'il cherche à comprendre le monde de son expérience.

Quand il est perplexe, un enfant pose des questions à ses parents, ou à d'autres adultes qui lui semblent être des sources valables d'information. Cette perplexité apparait quand l'enfant ne connait pas le nom d'un objet ou d'un évènement ou quand il relève une contradiction entre deux croyances. L'enfant a des buts tels que la curiosité, la sécurité, la réponse, l'approbation. Non seulement il note et identifie les évènements au moyen de sa classification conceptuelle, mais il évalue également en rapport avec ses buts ce qu'il « ressent » à propos de ces croyances. Les questions [1] « Qu'est-ce que c'est? » et [2] « Est-ce que cela est bon pour moi? » caractérisent la phase exploratoire des fonctions humaines, cognitives et affectives. La question « Est-ce que celà est bon pour moi? » signifie « Est-ce que celà va satisfaire les buts que je recherche »? Une telle évaluation affective est essentielle pour une machine à penser qui s'insère dans un monde où les hommes ont de tels buts.

On a prétendu (Bronowski, 1966) que les hommes possèdent une connaissance d'eux-mêmes qu'une machine ne peut avoir puisque cette connaissance ne peut pas être formalisée. Nous soutenons que cette connaissance de soi n'est pas formalisée chez les hommes, et que le programme d'une machine à penser n'est pas nécessairement une formalisation. Une personne a seulement une connaissance partielle d'elle-même, de la même façon qu'un programme de machine à penser ne peut considérer qu'une partie de lui-même. Une machine à penser peut avoir un modèle ou une représentation partielle d'elle-même et utiliser ce modèle pour la compréhension, par analogie, des personnes avec lesquelles elle est en communication. Ainsi les propriétés psychologiques de la compréhension de l'imitation, de l'identification, peuvent être caractéristiques d'une machine à penser qui trouve des similitudes entre son modèle d'elle même et le modèle des personnes qu'elle déduit de son expérience.

Le raisonnement inductif des hommes repose sur la création et l'expérimentation d'hypothèses sur des classes conceptuelles. Les machines à penser de l'avenir doivent développer ces capacités et elles devraient le faire de la même façon que les hommes. Comment les gens forment-ils leurs hypothèses? Il semble qu'ils remarquent certains évènements, certaines entités, propriétés ou relations dans le monde, qu'ils les identifient comme membres de classes conceptuelles et qu'ils se demandent ensuite quelles peuvent être les relations entre ces classes. Dans notre exemple du livre, l'homme moyen pouvait identifier un livre anglais d'après certaines de ses propriétés. Il était également familier avec la notion de fréquence d'apparition d'une lettre. Il se demandait ensuite si la fréquence d'une lettre particulière était une propriété additionnelle des livres anglais. Les hommes élaborent une classification conceptuelle qu'ils utilisent pour identifier et pour raisonner les évènements de leur expérience. Les croyances sous forme de configuration de classe fournissent les donnés de base de la formation des hypothèses. La question cruciale est: quelles sont les propriétés rattachées à la classification, à l'identification et à la formation d'une hypothèse? Puisque toutes les propriétés connues ne sont pas utilisées et que l'on ne s'interroge pas sur toutes les hypothèses, des mécanismes sélectifs comprenant le rapport, la similitude et la continuité entre évènements et entités doivent entrer en jeu.

Quand l'environnement d'une machine à penser est purement linguistique et qu'elle apprend seulement à partir de ses dialogues avec des hommes, des questions se posent sur le sérieux de l'information qu'elle acquiert. Un enfant possède un appareil moteur et sensoriel pour rechercher et expérimenter dans son environnement physique et social. Au cours de ses deux premières années d'existence, il peut acquérir, par sa propre expérience, des concepts tels que la similitude, le rapport de cause à effet, la notion de quantité, etc. et établir la corrélation avec son vocabulaire. Les machines à penser de l'avenir devront possèder l'équivalent des yeux, des oreilles, des mains et des pieds. Entre temps, les machines à penser que nous avons sont limitées à la formation de concepts et de croyances à partir du témoignage des personnes. Par exemple, elles doivent savoir que les relations de cause à effet existent et qu'on peut les découvrir dans les descriptions d'évènements fournies par les gens. Dans notre exemple de la page 7, le programme sait, initialement, que toutes les fois que B suit un évènement A, A peut être la cause de B. De là, une expression introduite du genre « quand mon père est mort ma mère est devenue triste » peut être reconnue comme relation potentielle de cause à effet, digne d'une interrogation ultérieure ou d'exposés permettant d'en trouver une corroboration auprès des personnes.

Un enfant apprend que le langage est utilisé par un orateur pour décrire ses sensations intimes et pour exprimer ses intentions à un auditeur. Cet enseignement, l'enfant l'obtient à partir de sa propre expérience, motrice et sensorielle, avec lui-même et avec les autres, en établissant la corrélation entre ce que disent les gens et ce qu'ils font. Quand elle parle avec une personne, il est nécessaire que la machine à penser fasse la distinction entre la description de sentiments et la communication à autrui. Dans nos expériences de dialogue homme-machine on a pu observer aisément que les personnes tentent à la fois d'obtenir des informations de la machine en lui donnant des ordres ou en lui posant des questions aussi bien qu'elles lui expriment des pensées et des sentiments. Puisque la machine qui participe au dialogue n'est pas simplement un observateur passif mais qu'elle s'exprime, elle est en situation d'utiliser la double fonction du language. Une fois acquis, il faut rechercher dans le témoignage des personnes ce qu'il implique et quelles sont ses contradictions. Les contradictions provoquent la perplexité et l'on fait une tentative pour la dissiper en posant empiriquement des questions ou en employant un raisonnement déductif. Dans chaque dialogue, le programme tente d'en savoir plus en confrontant les données qu'il reçoit avec celles qu'il connait déjà. Il cherche à corroborer ses croyances jusqu'à un certain degré. Une fois que ce degré de vraisemblance est atteint, cette recherche cesse. Ces croyances gardent leur vraisemblance à moins que des contradictions majeures se développent, ce qui demande alors une nouvelle recherche.

Notre machine à penser ne doit pas accepter ou rejeter les croyances de la façon preconisée par le logicien pour le savant ou l'homme idéal. Elle doit plutôt, comme l'hmme moyen et comme le savant au travail, accepter toutes les croyances. Le degré d'acceptation est fonction du degré de vraisemblance. Le programme ne doit pas tenter d'exercer toutes les fonctions connues du raisonnement des hommes. Il est limité au développement d'un système de croyances sur les gens, fondé sur les descriptions de comportement entre personnes et sur leurs relations linguistiques avec la machine. Les futures machines à penser ne seront pas aussi limitées et peut-être même n'apparaitront-elles

pas sous la forme de calculateurs semblables à ceux que nous connaissons. Mais l'activité de ces machines, celles d'aujourd'hui comme celles de demain, est en rapport étroit avec la question épistémologique que les hommes aiment se poser: « Comment parvenons-nous à la connaissance? »

Stanford, University, Department of Computer Science.

K. M. Colby et H. Enea

(Traduit par D. Cardot - Gif-sur-Yvette)

BIBLIOGRAPHIE

[1] Bronowski J. *The Identity of Man.* Natural History Press, New York (1966).

[2] Colby K. M. et Enea H. *Heuristic methods for computer understanding of natural language in context-restricted on-line dialogues.* Mathematical Biosciences, Vol. I (1967), sous presse.

[3] Kyburg H. E. *Recent work in inductive logic.* American Philosophical Quarterly, 1, 249-287 (1964).

[4] Samuel A. L. *Some studies in machine learning the game of checkers.* I.B.M. Journal of Research and Development, 3, 210-229 (1959).

ROBERT KOCH ET SA CONTRIBUTION À LA BACTÉRIOLOGIE

L'activité bactériologique de Robert Koch se répartit en plusieurs périodes bien définies. Alors qu'il était médecin de médecine générale, dans son temps libre, il posa les fondements de sa grande réputation par son travail sur l'étiologie du charbon bactéridien et les infections expérimentales des plaies. Cela entraîna sa nomination au Reichsgesundheitsamt en 1880. *Durant ses cinq premières années dans le service, il introduisit l'emploi des milieux de culture solides en bactériologie et il découvrit l'agent causal de la tuberculose et du choléra. Mais depuis l'âge de* 42 *ans jusqu'à sa mort, l'importance de son travail personnel déclina, bien qu'au travers de ses élèves, qui comprennent quelques-uns des noms les plus célèbres de l'histoire de la bactériologie, son influence persistât. En partie à cause du scandale de son divorce qui lui rendit incommode la vie en Allemagne, beaucoup de son temps, dans la période tardive de sa vie, s'écoula à étudier les maladies tropicales, d'origine non bactérienne. Ses contributions dans ce domaine ne furent pas d'une importance majeure et, en effet, à cause de sa grande autorité, ses déclarations furent parfois réellement nocives. Koch, qui toute sa vie avait vécu pour sa devise « Nunquam otiosus » resta actif dans la science jusqu'à la fin de sa vie, présentant son dernier mémoire à une rencontre six semaines seulement avant sa mort, en 1910.*

Robert Koch est né dans les montagnes du Harz en Allemagne, en 1843, fils d'un ingénieur des mines. Enfant, il fut un naturaliste pénétrant et pendant tout le cours de sa vie il conserva un intérêt d'amateur pour la botanique. Il étudia à l'université de Göttingen où il acquit une éducation scientifique complète, y compris une expérience estudiantine de la recherche. Après l'obtention de son diplôme d'études médicales il eut un tas d'occupations, y compris du service aux armées, avant de s'installer, à l'âge de 29 ans, dans un village retiré de Wollstein en Prusse orientale. La vie active de Koch se découpe en plusieurs périodes bien définies que nous pourrons énumérer et puis considérer en plus grand détail.

Dès qu'il se fut établi comme praticien de médecine générale à Wollstein, il réserva une partie de son cabinet de consultation pour son travail microscopique. On a dit que son épouse aurait économisé sur l'argent du ménage pour l'achat du premier microscope, mais je ne sais pas si cela est vrai ou non. Ce serait certainement une erreur de considérer Koch comme aussi pauvre, car il semble qu'il ait équipé lui-même un très bon petit laboratoire. Ce fut pendant ses huit années à Wollstein dans ses moments de loisir, que Koch établit les bases de sa réputation en tant que bactériologiste et, en effet, n'eût-il jamais rien fait d'autre que son travail à Wollstein qu'il serait toujours considéré comme l'un des plus grands bactériologistes de tous les temps.

A Wollstein, Koch travailla donc sur le charbon bactéridien, sur des problèmes techniques tels que la coloration et la photomicrographie des bactéries et il publia un article classique sur la bactériologie des infections des plaies. Ce travail lui valu une nomination au Reichsgesundheitsamt à Berlin, à savoir comme physiologiste, en 1880, alors qu'il avait 37 ans. Durant les cinq années successives Koch fit les découvertes qui constituèrent le fondement de la bactériologie clinique. Il décrivit sa technique pour l'obtention de cultures pures

sur milieux solides, certainement la plus importante contribution isolée jamais apportée à la science bactériologique et il fit des études fondamentales sur la cause de la tuberculose et du choléra. A l'âge de 42 ans, il fut intronisé professeur d'hygiène à l'Université de Berlin et plus tard directeur d'un Institut des Maladies Infectieuses nouvellement fondé, mais il ne fit plus de découvertes comparables à celles de l'époque de Wollstein ou du Reichsgesundheitsamt. Il commença son premier cours de bactériologie pratique et par le truchement de ses élèves il continua à développer son sujet. Les noms de ses élèves, comme le rôle d'Agincourt de Henry V, sont, au microbiologiste, « familiers dans sa bouche comme les termes ménagers », Loeffler qui isola le bacille diphtérique, Gaffkey qui le premier cultiva le bacille typhique, Ehrlich le grand immunologiste et le fondateur de la chimiothérapie scientifique, von Behring l'inventeur des antitoxines et von Wassermann dont le nom doit, même aujourd'hui, être mentionné au moins une fois par jour dans tous les hôpitaux du monde - tous ceux-ci, et beaucoup d'autres, furent les élèves de Koch et une partie de la réputation émanant de leurs travaux lui revient.

Il y a un élément de tristesse dans les vingt années de la maturité de Koch. Il ne fit plus de découvertes de première importance et dans le domaine de la tuberculose, où son travail originel avait été si brillant, il provoqua de la déception et de la confusion en publiant une méthode sans valeur de traitement et en niant l'importance du bétail, comme source d'infection pour l'homme, erreurs d'autant plus difficiles à surmonter à cause de la grande autorité de Koch.

Vers 1890, à une époque où les prétentions de Koch quant à son traitement de la tuberculose par la tuberculine étaient critiquées de manière incisive et qu'il supportait la lourde pression des responsabilités et du surmenage, Koch prit l'habitude de faire des visites régulières à un théâtre du voisinage de son laboratoire. Là, il fit la connaissance d'une jeune actrice, dont il tomba amoureux. Si grande était sa passion, qu'il obtint le divorce d'avec sa première femme pour épouser son actrice. Cet acte fit grand tort à Koch dans les cercles scientifiques et sociaux, en particulier parce que le comportement autocratique de Koch ne lui avait pas créé peu d'ennemis. Metchnikoff rappelle qu'au Congrès de Médecine de 1892, le nouveau mariage de Koch forma le sujet principal des conversations et excita davantage d'intérêt que les publications scientifiques.

Koch fut principal conseiller médical au Ministère allemand des Colonies et à partir de 1896 et après il semble avoir trouvé le moyen de passer la plupart de son temps dans les tropiques, y faisant des recherches principalement sur les maladies causées tant par les protozoaires que par les bactéries. En 1904, alors âgé de 61 ans, il se démit de son poste de directeur de l'Institut des Maladies Infectieuses afin de pouvoir passer la plus grande partie de son temps à l'étranger. Dès l'enfance, il avait eu l'ambition de voyager dans les pays exotiques et d'étudier les maladies tropicales obscures, et ses dernières années furent probablement quelques-unes des plus heureuses de sa vie, lorsque, il se peut, il trouva le moyen de revivre certains des frissons de la vieille époque de Wollstein. Il est probable que Koch qui était, au fond, un caractère simple fut beaucoup plus heureux d'étudier les maladies exotiques dans la jungle tropicale avec un ou deux collègues dévoués plus jeunes, que de jouer à l'Excellence, ou au Directeur dans les hautes sphères politiques et sociales de Berlin. La tuberculine fut une grande déception pour lui et il se peut qu'il ait senti, amè-

rement, que si on l'avait laissé, solitaire, continuer ses recherches en paix, qu'il n'aurait jamais essuyé un fiasco aussi humiliant.

On ne peut pas dire que les recherches tropicales de Koch n'ait conduit à rien d'important et, en effet, ses déclarations autoritaires furent, parfois, malheureuses. Mais il fit cependant quelques observations intéressantes. Il vint en Afrique du Sud britannique pour étudier la peste bovine du bétail et il montra également que la « fièvre des côtes » du bétail était causée par un protozoaire semblable à celui qui provoquait la fièvre texane. Il étudia la peste en Inde et la malaria à Java, Sumatra et Malaya. La scène de l'expérience tropicale la plus vaste de Koch, ce fut l'Afrique orientale qu'il visita pendant des périodes prolongées à trois occasions, en 1897-98, 1905 et 1906-7. Il travailla principalement au Tanganyika en coopération avec les autorités médicales allemandes de là-bas. Bien qu'il ne fût plus jeune et que les agréments de l'Afrique orientale fussent, en ce temps, maigres, il voyagea de ci de là en chariot infatigablement. Il y avait une mystérieuse épidémie de fièvre dans les montagnes Usumbara. Koch arriva avec son microscope (le premier jamais vu dans cette région) et identifia promptement la fièvre comme étant la malaria et il attira l'attention sur la plus grande susceptibilité des habitants des montagnes à cette maladie en comparaison des résidents habituels des plaines. On lui donna une pièce dans le nouveau laboratoire médical à Dar-es-Salaam où il découvrit que les singes hébergeaient une espèce de parasite à malaria et il éduqua un jeune assistant, du nom de Hassani Selemani, qui poursuivit le travail au laboratoire jusqu'à sa mort en 1941. Le travail subséquent de Koch en Afrique orientale fut grandement concerné par la maladie du sommeil et, en 1906, il suggéra que les trypanosomes subissaient réellement une phase de croissance cyclique dans les mouches tsé-tsé et n'était pas transmis simplement de façon mécanique. Malheureusement, il continua à décrire un cycle sexuel analogue à celui du parasite de la malaria qui, en fait, ne se produit pas. Koch étudia la distribution de la maladie qui apparaissait s'être propagée vers le sud à partir de l'Uganda et il pensa que les crocodiles étaient les hôtes les plus importants pour les mouches tsé-tsé. Il expérimenta le nouveau composé arsenical d'Ehrlich, l'Atoxyl, chez des malades de la maladie du sommeil et le trouva efficace, mais il fut, malheureusement, trop optimiste dans son affirmation qu'il était aussi bon que la quinine dans la malaria. Il vécut et travailla dans une station abandonnée de la Société Chrétienne des Missions à Bugalla, dans les Iles Sesse. En août 1906, il visita l'Uganda où la commission britannique pour la maladie du sommeil avait son laboratoire et il revint l'année suivante, cette fois à Kampala, où il resta la nuit avec les Cook à l'Hôpital de Mengo. Sir Albert Cook mentionne que Koch était « modeste et sans prétention » et « qu'il fit une inspection complète de notre hôpital ». On offrit à Koch une place dans la nouveau laboratoire de la commission britannique pour la maladie du sommeil, mais celui-ci avait été déplacé, à cause des craintes des habitants d'Entebbe, au sommet d'une colline isolée à Mpumu - à 23 milles en pousse-pousse de Kampala. Koch regretta de ne pouvoir accepter l'offre et il fit la remarque en privé à l'officier supérieur de santé, que bien que le laboratoire fût magnifique, la situation en était tout à fait impossible, et il poursuivit en disant que si un officier allemand des Colonies eût installé un laboratoire en un tel lieu, qu'il aurait été congédié. Koch fut choqué de ce que le laboratoire à Uganda n'était pas ouvert le dimanche, mais ses efforts pour le faire ouvrir semblèrent être considérés comme irréligieux. Il réveilla une

controverse théologique là-bas, parmi les missionaires à Mengo en exposant son opinion que ce ne fut qu'après la Péché originel que l'homme oisif s'empressa de s'emparer de l'idée de se reposer tous les sept jours!!

Durant les quelques années avant sa mort, Koch souffrit d'attaques occasionnelles de troubles circulatoires particuliers, mais il ne pensa pas à la retraite. Il fut à la tâche jusqu'au dernier moment, présentant son dernier travail scientifique six semaines seulement avant sa mort d'une crise cardiaque, en mai 1910.

La periode de Wollstein. — Vers les années 1870, grâce en majeure partie au travail de C. Davaine, il y avait une forte présomption qu'au moins une maladie de l'homme et des animaux supérieurs était due à une bactérie - le charbon. Néanmoins, il y avait quelque doute, particulièrement sur certains points, lorsque Koch se mit à l'étude de la maladie telle qu'observée chez le bétail. En particulier, on ne comprenait pas comment certains pâturages pouvaient demeurer dangereux du point de vue de l'infestation tout au long d'un hiver. Puisque l'agent contagieux du charbon subsistait certainement durant l'hiver dans certains champs, Koch fit le raisonnement que les bacilles devaient former des spores, organes que l'on connaissait déjà chez les bactéries saprophytes. Son travail tendit d'abord à démontrer cette phase du cycle vital du bacille. Il inocula des souris avec du sang charbonneux et transmit l'infection à travers 20 générations à partir du matériel d'origine et il cultiva les bacilles du charbon sur sérum de boeuf, ou dans de l'humeur aqueuse de l'oeil du boeuf, sur une lame de microscope, dans une chambre humide et une étuve faite par lui. Il disposa son appareil de manière à ce qu'il pût observer continuellement le développement de ce bacille particulier et il remarqua le développement de spores hautement réfractiles, qu'il compara à un collier de perles. Prenant une préparation de spores desséchées sur une lame porte-objet, Koch ajouta une goutte d'humeur aqueuse et il observa le développement des bacilles à partir des spores et de même une autre génération de spores à partir de ces bacilles et il montra que l'inoculation de spores séchées produisait le charbon chez la souris.

Koch montra encore que des bacilles exactement semblables trouvés dans le foin, qui produisaient également des spores, ne provoquaient pas le charbon par inoculation, démontrant ainsi clairement pour la première fois une différence d'espèce quant au pouvoir pathogène de deux bactéries morphologiquement semblables. Selon les termes mêmes de Koch « Il s'ensuit par conséquent que seulement une espèce de bacille est apte à causer cette infection spécifique, alors que d'autres schizophytes n'ont aucun effet ou causent des infections entièrement différentes lorsqu'inoculés.... » Koch fit la démonstration de ses expériences à l'Université de Breslau en avril 1876, à F. Cohn, en réalité professeur de botanique, mais l'un des fondateurs de la bactériologie. Cohn fit tout ce qu'il put pour favoriser les intérêts de Koch et il publia son travail dans son propre journal la même année.

L'année suivante, Koch publia la seconde contribution importante de sa période Wollsteinienne - un article sur la technique de coloration des bactéries pour l'examen microscopique et la photographie. Regardé aujourd'hui, ce sujet semble très élémentaire, mais on doit se rappeler qu'à l'époque les bactériologistes les plus expérimentés examinaient leurs bactéries à l'état frais, sans

coloration, dans une goutte du milieu de culture et avec des grossissements microscopiques relativement faibles.

Ce fut Koch qui introduisit la technique, maintenant utilisée de façon universelle, de faire de fins frottis du milieu contenant les bactéries sur des lames de verre ou lames porte-objet, en les fixant et en les colorant pour les examiner alors à de forts grossissements, avec des objectifs à immersion d'huile. Aujourd'hui nous chauffons simplement nos films desséchés pour les fixer mais Koch, qui était soucieux de préserver les bactéries aussi peu déformées que possible, essaya plusieurs liquides fixateurs, optant finalement pour une solution aqueuse d'acétate de potassium. Weigert avait déjà montré que l'hématoxyline était un colorant convenable pour les bactéries, mais Koch introduisit l'emploi des colorants à l'aniline, dont une gamme très étendue devenait disponible alors. Le violet de méthyle et la fuchsine qui sont d'un emploi quotidien dans tout laboratoire moderne de bactériologie furent trouvés par Koch comme étant les meilleurs.

Le dernier élément du travail de Koch remontant à sa période Wollsteinienne ce fut ses « Etudes de l'étiologie des maladies infectieuses traumatiques ». Cette magnifique série d'expériences et d'observations, décrites et discutées avec une lucidité totale, fut immédiatement reconnue comme la « classique » qu'elle est et traduite en anglais en 1880, une année après sa publication en Allemagne.

Le groupe de maladies que Koch se proposa d'étudier, c'était celui des maladies supposées infectieuses qui compliquaient les blessures et les interventions chirurgicales, telles que suppuration locale, érysipèle, septicémie et pyohémie. Mais, avec le seul matériel et les seules facilités de Wollstein accessibles à lui, Koch abandonna l'idée de travailler sur du matériel humain et il se mit à essayer de reproduire des maladies analogues chez le lapin et la souris.

Koch ne fut aucunement le premier à étudier la bactériologie de ce groupe de maladies. Rindfleisch, en 1866, avait remarqué des bactéries dans les abcès métastasiques dans un cas de pyohémie, comme l'avaient fait Birch-Hirschfeld et Klebs dans les plaies septiques. Tous les observateurs s'accordaient sur ce que les bactéries étaient difficiles à distinguer au microscope, en employant la technique grossière existante et Koch avait l'avantage d'avoir déjà développé de bonnes techniques de coloration. D'autres chercheurs avaient tenté de transmettre les maladies infectieuses humaines à l'animal avec des degrés variables de succès. De la confusion naissait souvent de ce qu'un animal pouvait mourir d'une intoxication par le matériel putride plutôt que d'une infection. Néanmoins, Davaine avait produit une septicémie infectieuse nettement définie et Orth avait transmis l'érysipèle de l'homme au lapin. Klebs était allé même plus loin et avait induit la septicémie avec des cultures artificielles de micrococci d'infections septiques.

Koch, en passant en revue tous ces travaux antérieurs, admit que l'évidence en faveur des bactéries en tant que cause des maladies infectieuses traumatiques était très forte, mais il y avait un certain nombre d'objections que l'on pouvait légitimement formuler. D'abord, il n'était aucunement établi si oui ou non des bactéries étaient présentes dans les tissus animaux normaux. D'autres objections étaient, par exemple, le doute considérable à propos de l'association constante de bactéries avec la maladie septique et, si présente, elles ne furent trouvées qu'en nombres relativement petits. Ce dernier fait était en désaccord avec cette maladie particulière que Koch admettait comme

due définitivement à des bactéries, le charbon. Dans cette maladie les tissus essaimaient les bactéries. Le troisième point c'était que les bactéries trouvées dans les processus septiques étaient morphologiquement très variées et offraient des ressemblances frappantes avec les organismes saprophytes. La position en ce point fut résumée par Birch-Hirschfeld qui écrivait « les caractères morphologiques des bactéries trouvées dans la pyohémie, la diphtérie, la petite vérole et le choléra sont tellement semblables que l'idée naît naturellement que l'on a à faire à des organismes identiques». Koch poursuivit en indiquant que des micrococci indistinguables les uns des autres avaient été trouvés dans des maladies aussi différentes que l'érysipèle, la fièvre puerpérale, l'endocardite, la peste bovine et la pleuropneumonie. Puisqu'il semblait à peine croyable que le même coccus causât toutes ces maladies, la présence de cocci était soit accidentelle ou (pensée presque révolutionnaire) des cocci ayant le même aspect pouvaient, en fait, être différents. Ce qui était nécessaire c'était « que la présence de bactéries dans ces maladies soit prouvée sans exception, et de plus que les conditions relatives à leur nombre et à leur distribution soient telles qu'elles fournissent une explication complète des symptômes », également, « nous demandons la preuve concluante que tel ou tel micrococcus, défini dans sa nature et toujours reconnaissable dans des conditions variables par certaines caractéristiques est la cause unique de la maladie en question ». C'est ainsi que Koch sentait son chemin vers ses célèbres « postulats ».

Le propre travail expérimental de Koch fut entièrement histologique, utilisant la méthode essentiellement moderne de fixation des tissus suivie par la préparation de coupes et la coloration par les colorants à l'aniline. Il ne fit aucun travail cultural dans ce fragment de recherche qui fut réellement l'exploitation de la technique de la coloration améliorée et de la technique microscopique qu'il avait précédemment rapportées. Il avait aussi introduit le principe utile dans la coloration de la surcoloration d'une coupe de tissu et puis de sa décoloration avec une solution de carbonate de potassium laquelle, trouva-t-il, enlevait tout le colorant des tissus, mais non des bactéries. Cette méthode s'avéra plus tard d'une importance cruciale dans son étude des causes de la tuberculose.

Koch obtint ses maladies expérimentales par l'inoculation d'une variété de matériaux putrides au lapin et à la souris et il obtint six maladies différentes, chacune causée par son propre microbe spécifique. Nous devons rappeler qu'à cette époque (1879) il n'y avait qu'une maladie que l'on avait reconnue de façon convaincante comme causée par une bactérie - le charbon. Koch y avait ajouté six autres, démontrant que chaque maladie, il est vrai expérimentales, mais ressemblant étroitement à certaines de celles observées dans la pratique chirurgicale chez l'homme, avec son tableau pathologique distinct, était causée par un microbe distinct. Il prédisit avec confiance que les maladies analogues de l'homme se révéleraient avoir des causes bactériennes. Koch considérait, et l'histoire serait d'accord avec lui, que l'aspect le plus important de son oeuvre fut l'établissement des « différences qui existent entre les bactéries pathogènes et de la constance de leurs caractères. Une forme bactérienne distincte correspond, ainsi que nous l'avons vu, à telle maladie, et cette forme demeure toujours la même, cependant, la maladie souvent est transmise d'un animal à un autre ». Koch s'attendait à ce que cette assertion fût beaucoup « controversée par les botanistes, au secteur spécial desquels ce sujet appartient réellement » et il citait un éminent botaniste, lequel disait,

en 1877, que « J'ai examiné pendant dix ans des milliers de formes différentes de bactéries, et je n'ai pas encore rencontré la nécessité absolue de les diviser en deux espèces distinctes ». Mais, en réalité, la théorie du germe dans son sens général était démontrée au-delà de tout doute par le travail décrit par Koch dans sa publication. La recherche l'avait convaincu de l'importance vitale d'être à même de faire des cultures artificielles pures, telles qu'elles avaient été utilisées par Pasteur. Il écrivit que pour prouver qu'une bactérie particulière était la cause d'une maladie, lorsque présente en mélange avec d'autres, il serait nécessaire de l'isoler en culture pure et de montrer qu'elle produisait la maladie en question. Koch n'établit jamais en règles formelles les « postulats » qu'on lui avait attribués, bien que, en 1884, dans une publication sur la tuberculose, prenant le charbon comme modèle, il explicitât les critères nécessaires avant que l'on puisse admettre qu'un organisme provoquait une maladie particulière. Il semble que ces critères lui furent imposés en méditant sur ses infections expérimentales, car on les voit exprimés dans leur essence en différentes parties de ce travail.

Il est impossible de trop louer ce travail, le produit des instants de loisir d'un médecin de médecine générale. Il a sa place à côté de toute autre publication dans l'histoire de la microbiologie depuis les vaccins prophylactiques de Pasteur jusqu'à l'élucidation du code génétique.

La période du Kaiserliche Gesundheitsamt. — Lorsque Koch prit ses fonctions au Kaiserliche Gesundheitsamt à Berlin en 1880, on lui procura trois assistants, lesquels se révélèrent tous des élèves très habiles et devinrent eux-mêmes des bactériologistes de premier plan. Ils n'étaient plus jeunes que Koch que de quelques années. Le plus vieux était G. Gaffky, qui succéda à l'occasion à Koch en qualité de chef de l'Institut des maladies infectieuses, et qui, parmi maintes contributions importantes, fut le premier à cultiver le bacille typhique. Ensuite venait F. Loeffler, un homme dont peu d'autres ont égalé le domaine des contributions à la science. Il cultiva les bacilles de la diphtérie et de la morve, reconnut le premier virus des mammifères (celui de la fièvre aphteuse), introduisit de nombreux procédés techniques (appelés aujourd'hui milieu au bleu de méthylène de Loeffler et milieu de Loeffler), fut un excellent professeur et écrivit sur l'histoire de la bactériologie. Finalement, il y avait G. Wolffhugel, le plus jeune, qui fut à la fin professeur d'hygiène à Göttingen et qui mourut à l'âge de 45 ans seulement. Ces trois hommes doivent toujours être associés au travail de Koch durant sa période au Gesundheitsamt.

Recherches sur les méthodes techniques. — Koch, en 1881, publia un long travail au titre de « études des organismes pathogènes » dans lequel il passait en revue les expériences des années antérieures et où il fondait les méthodes avec lesquelles le travail ultérieur devrait être fait. Nous avons déjà discuté une partie de ce travail technique et admiré les fruits de son approche dans ses recherches sur les infections des plaies. Mais ce n'est là qu'une portion de la publication de 1881 que nous devons considérer maintenant, celle sur « Les cultures Pures » car elle incarne la contribution solitaire la plus fructueuse de tous les temps à la bactériologie. Koch considérait la faculté de produire

des cultures pures comme absolument essentielle pour que la connaissance bactériologique puisse progresser et, cependant, écrivant à propos des méthodes existant alors, il commente « dans l'ensemble c'est vraiment déprimant de tenter des cultures pures »... et une impossibilité pratique de prendre toutes les précautions nécessaires. Sans métbodes meilleures, on ne pouvait accepter aucun résultat comme convaincant. En particulier, il estimait ses remarques comme « spécialement applicables aux recherches (conduites sous le cachet réellement remarquable, encore qu'aveugle) sortant maintenant en quantité du laboratoire de Pasteur, et qui décrivent des faits vraiment incroyables par rapport aux cultures pures des organismes de l'hydrophobie, de la clavelée, de la pleuropneumonie, etc. » Cette dernière citation est comprise pour illustrer, ainsi qu'il se doit, un côté malheureux de l'histoire de la bactériologie au 19ème siècle. C'est triste et inexcusable que les deux plus grands bactériologistes de leur temps aient manifesté une telle animosité personnelle entre eux. La remarque de Koch n'était rien d'autre qu'insolente, s'adressant à un homme qui avait réalisé des progrès fondamentaux, y compris l'emploi des cultures pures, alors que Koch n'était encore qu'un écolier et, qui, à l'époque des attaques de Koch, était en train de poser les fondements de la science de l'immunologie. De plus, d'autres bactériologistes habiles, contemporains pensaient que Koch exagéraient les difficultés d'obtenir des cultures pures dans des milieux liquides. Pasteur avait déjà distingué le streptocoque de la fièvre puerpérale du staphylocoque d'un furoncle et montré l'identité de ce dernier avec l'agent causal de l'ostéomyélite en utilisant de telles cultures.

Mais revenons au travail de Koch sur les cultures pures; nous allons donner un compte-rendu de sa découverte amplement en ses propres termes. Il écrivait « qu'étant parfaitement clair que les efforts dans cette direction étaient vains, j'ai renoncé aux principes sur lesquels les cultures pures ont été conduites jusqu'ici et j'ai frayé un nouveau chemin auquel je fus amené par une observation simple que quiconque peut répéter.

Si une pomme de terre bouillie est coupée en deux et que la surface de la coupe est exposée à l'air pendant quelques heures et placée ensuite dans une chambre humide....on trouvera vers le second ou troisième jour....à la surface de la pomme de terre de nombreuses goutelettes, très diverses, dont presque toutes apparaissent différer les unes des autres. Quelques-unes de ces goutelettes sont blanches et ont l'aspect de la porcelaine, alors que d'autres sont jaunes, brunes, grises ou rougeâtres et tandis que certaines apparaissent comme une goutte d'eau aplatie, d'autres sont hémisphériques ou déchiquetées...Si un échantillon est prélevé de chacune de ces goutelettes tant qu'elles restent isolées les unes des autres de manière nette et est examnée par séchage et coloration d'une couche de celle-ci sur une lame porte-objet, on s'apercevra que chacune est composée d'une espèce parfaitement définie de microorganisme ».

Koch ne fut pas le premier à observer, étudier ou publier un mémoire sur les colonies pures des différents microbes que l'on pouvait obtenir sur la surface coupée d'une pomme de terre. J. Schroeter, un chercheur du service de Cohn, avec le travail duquel on aurait pu s'attendre que Koch fût familier, avait réalisé toutes ces choses en 1872, mais Koch ne fait aucune référence à ce travail. Ce fut le grand mérite de Koch d'apprécier les énormes possibilités des milieux solides en général et de montrer qu'avec leur aide on pouvait faire croître régulièrement des cultures pures de bactéries avec la plus grande fa-

cilité. La pomme de terre elle-même se révéla extrêmement utile, même pour les bactéries pathogènes, et les premiers manuels de bactériologie abondent en planches en couleurs illustrant la croissance des différentes espèces sur ce milieu. Mais Koch se rendant compte de ses limitations relatives, s'affaira, ne cherchant pas d'autres milieux solides, à la recherche d'un moyen de solidifier des milieux liquides bien connus. La gélatine était évidemment une substance à essayer et mélangée à du bouillon nutritif ordinaire, elle donna la « gélatine nutritive ». Le meilleur de tous, pour les bactéries pathogènes, c'était le sérum solidifié stérile avec de la gélatine. Koch estima pleinement les énormes possibilités des milieux solides pour l'isolement, le comptage et la détermination des différentes espèces de bactéries. Il n'y eut plus seulement des différences de morphologie et d'effets physiologiques à observer, mais aussi la nature de la colonie pure qui, il le montra bientôt, variait considérablement, mais cependant était toujours constante pour un organisme donné.

Koch essaya de couler sa gélatine nutritive dans divers récipients pour l'emploi, mais, finalement, il opta pour la méthode dans laquelle il versait la gélatine nutritive fondue sur des lames de verre stériles qui pouvaient être alors conservées à l'état humide sous une cloche. Sa méthode pour l'ensemencement des bactéries consistait à plonger un fil de platine stérilisé dans la culture et de faire rapidement des stries avec la pointe plusieurs fois à la surface de la gélatine « d'une manière très semblable à celle du scarificateur pour la vaccination par incisions....en fait ce procédé pourrait très bien être dénommé une inoculation ». Et ainsi en est-il toujours de nos jours.

Une contamination mineure des plaques de Koch importait peu, car produisant simplement une ou deux colonies isolées que l'on reconnaissait directement pour ce qu'elles étaient. Les inconvénients principaux de la gélatine nutritive étaient qu'elle était liquide à la température de l'organisme et que certaines bactéries la digéraient. Ce dernier inconvénient pouvait être une propriété utile pour la détermination, mais elle n'en demeurait pas moins un ennui lorsque l'on avait à faire à des organismes mixtes.

La gélatine nutritive eut une vie brève en tant que milieu bactériologique, les inconvénients auxquels on a fait allusion ci-dessus s'étant révélés particulièrement irritants, surtout pour W. Hesse qui avait étudié sous la direction de Koch et qui étudiait, dans son laboratoire personnel, les diverses bactéries rencontrées dans l'air. Fatigué de voir ses cultures contaminées par des organismes liquéfiant la gélatine, il chercha d'autres moyens de solidifier ses milieux de culture. Heureusement, sa femme, Fannie, qui tout en assurant ses devoirs de ménagère, faisait fonction d'aide technique pour son mari et préparait le bouillon pour les cultures, en même temps que la soupe pour la famille. Elle suggéra l'emploi de l'agar-agar, un extrait d'algues japonaises, qu'elle utilisait depuis plusieurs années à des fins culinaires. Il se révéla totalement satisfaisant. Hesse écrivit à Koch l'informant de cela et Koch s'en empara aussitôt. Aucune publication pour la forme ne parut jamais sur l'emploi de la gélose, Koch le mentionnant simplement par une brève phrase dans son article préliminaire sur la tuberculose en 1882.

La technique de Koch de répandre du milieu liquéfié sur des lames de verre n'était pas non plus convenable, mais ce ne fut qu'en 1887 que R. J. Petri, un assistant de Koch, introduisit ce qu'il appela « une légère modification de la méthode en décrivant la boîte de verre avec couvercle maintenant uni-

versellement utilisée qui porte son nom. Il est suprenant qu'il fallut quelques années avant que la boîte de Petri n'évince les plaques de Koch.

ETUDES SUR LA DÉSINFECTION. — Les désinfectants chimiques de différentes espèces ont été utilisés de manière empirique pendant longtemps, allant d'un bouquet d'herbes aux douces senteurs sur le pupitre devant un juge de Cour d'assises à la combustion du soutre dans la chambre d'un malade ou à l'addition d'acide phénique à l'égout, mais on n'avait pas de connaissance exacte sur le pouvoir germicide des désinfectants. Jusqu'à récemment il n'y eut pas non plus une quelconque connaissance de la nature des agents contagieux que l'on supposait être détruits par les désinfectants. Koch tenta de hisser toute l'affaire sur une base scientifique. Il estima que les désinfectants devaient tuer les bactéries plutôt qu'inhiber leur croissance, que l'on pouvait s'attendre que des organismes différents diffèrent dans leur susceptibilité - en particulier qu'il était probable que les spores fussent plus résistantes que les formes végétatives et que l'effet d'un désinfectant serait influencé par le temps qu'on le laisserait agir et par sa concentration. Il imagina, par conséquent, des tests qui rendent compte de chacune de ces variables.

Il était convenable d'utiliser comme organismes-tests des bactéries que l'on pourrait directement reconnaître et distinguer de tout autre contaminant. Pour cela, Koch fit le choix, comme représentant des formes végétatives, de deux organismes vivement pigmentés: Serratia marcescens et Pseudomonas aeruginosa, et comme organisme sporulé, de la bactéridie charbonneuse. Il exposa des fragments de pomme de terre sur lesquels ses organismes végétatifs étaient en voie de développement à l'action d'un désinfectant et puis il les appliqua sur un morceau frais de pomme de terre et il nota si la croissance intervenait ou non. Les spores charbonneuses furent imprégnées sur un fil de soie et après l'exposition à des désinfectants et lavage dans de l'eau stérile, il les ensemença sur gélatine nutritive.

L'un des premiers désinfectants que Koch soumit à ses tests ce fut l'acide phénique, depuis 14 ans environ la base du système antiseptique de Lister. Il trouva que, bien qu'une solution aqueuse de phénol à 1% tuât les formes végétatives en deux minutes et qu'une dilution de 1 dans 850 inhibât le développement des spores, il fallait l'action d'une solution à 5% pendant deux jours pour réellement tuer les spores. De plus, il trouva que l'acide phénique à 5% dans l'huile de Lister échouait à tuer les spores charbonneuses dans un intervalle de trois mois. A cause de la relative inefficacité des désinfectants communément employés, Koch essaya un grand nombre de substances chimiques; il nota que la présence de la matière organique, telle que le sérum sanguin, interférait avec l'action de certains désinfectants et il en tira la conclusion que les seules substances réellement satisfaisantes étaient le chlore, le brome et le chlorure mercurique.

Koch et ses collègues dirigèrent également leur attention sur la désinfection par la chaleur, notant l'inefficacité relative de la chaleur sèche de même que la variabilité de la température en différentes parties des étuves et son faible pouvoir pénétrant. Ils étudièrent également le pouvoir stérilisant de la vapeur d'eau à la pression atmosphérique et à pression accrue. Trouvant que même les spores étaient directement tuées par la chaleur humide à 110°C, ils recommandèrent la vapeur à la pression atmosphérique plutôt que les

appareils mécaniquement moins satisfaisants pour la chaleur sèche à des températures plus élevées ou pour la vapeur sous pression.

Ce ne fut pas là un travail particulièrement astucieux, et certaines des trouvailles du laboratoire étaient en contradiction avec l'expérience clinique, mais il posa les fondements de l'étude scientifique de la désinfection.

L'ÉTIOLOGIE DE LA TUBERCULOSE. — Des nombreux problèmes auxquels se heurte un service de santé publique tel que le Kaiserliche Gesundheitsamt, aucun ne fut plus grand que celui de la tuberculose. Les statistiques montraient qu'environ un septième des êtres humains dans les régions civilisées du monde mouraient de cette seule maladie. Il n'y avait aucun doute à cette époque (1880) que la tuberculose était une maladie infectieuse. Le Français J. A. Villeman montra que la tuberculose pouvait être transmise aux animaux par inoculation, en 1868, et ce travail avait été amplement confirmé. Tappeiner avait transmis avec succès la tuberculose à des chiens par inhalation.

C'est pourquoi Koch décida de chercher une cause bactérienne à la tuberculose en utilisant les techniques de coloration qui s'étaient révélées si fructueuses dans ses études des maladies infectieuses traumatiques. Il examina des frottis de matériel tuberculeux sur des lames porte-objet de même que des coupes de tissus tuberculeux. A l'origine, il employa des lésions tuberculeuses de cobayes infectés, dont il pouvait convenablement maintenir l'approvisionnement. En se servant d'exactement les mêmes techniques de coloration qu'il avait utilisées dans son travail précédent, Koch demeura, d'abord, impuissant à démontrer un organisme quelconque dans le matériel tuberculeux. Mais, étant certain qu'un tel organisme devait exister, il persévéra dans ses efforts, essayant divers moyens de modifier le procédé de coloration. Par quels détours il aboutit réellement à sa fructueuse méthode, il ne le mentionne pas, mais une partie de la méthode dépendait d'une technique qu'il avait découverte antérieurement; celle de la surcoloration et puis de la décoloration jusqu'à ce que seules les bactéries demeurent colorées. La technique de Koch consistait à colorer son matériel dans le bleu de méthylène auquel de l'hydroxyde de potassium avait été ajouté; ce fut l'adjonction d'alcali qui fit que les bacilles tuberculeux prirent la coloration. D'abord il dut laisser ses préparations dans le colorant pendant 24 heures, mais plus tard il découvrit que le temps de coloration pouvait être réduit à une heure si exécutée à 40°C. Durant ce laps de temps la préparation entière était colorée en bleu profondément, mais si elle était alors rincée pendant quelques minutes dans une solution aqueuse d'un colorant à l'aniline brun, appelé la vésuvine, le blue de méthylène était enlevé par le lavage partout sauf des bacilles tuberculeux, que l'on pouvait aisément voir comme des bacilles bleu sur un fond brun. Partant de la tuberculose expérimentale chez le cobaye, Koch en vint à examiner du matériel de tous les types de tuberculose chez l'homme et les animaux et, toujours, il trouva son bacille caractéristique. Sur ces bases il eut l'intuition que c'était là probablement l'agent causal.

Mais, « afin de prouver que la tuberculose est provoquée à la faveur de la pénétration des bacilles, et que c'est une maladie définitivement parasitaire, induite par la croissance et la production de ces mêmes bacilles, les bacilles doivent être du corps et cultivés assez longtemps en culture pure pour qu'ils soient débarassés de toute production pathologique de l'organisme animal

qui pourraient adhérer encore aux bacilles. Après cela, les bacilles isolés doivent assurer le transfert de la maladie à d'autres animaux et causer le même tableau clinique que celui qui peut être provoqué par l'inoculation à des animaux sains de matériel de tubercules se développant naturellement ».

Ainsi qu'il en fut pour la coloration, les bacilles tuberculeux se révèlèrent extraordinairement difficiles à cultiver en culture artificielle et les nombreux échecs que Koch doit avoir essuyés en utilisant les techniques qui étaient tout à fait satisfaisantes pour d'autres germes pathogènes auraient bien pu décourager un chercheur moins patient et moins persévérant. Koch imagina un milieu complètement nouveau, du sérum sanguin de vache ou de mouton solidifié par chauffage à 65°C. Même sur ce milieu, ou tous les germes ordinaires, avec lesquels il était familier, croissaient en 24 heures, aucune croissance du bacille tuberculeux n'était visible après 10 jours ou plus. Initialement, Koch isola le bacille tuberculeux de lésions produites expérimentalement chez le cobaye et il fut à même de montrer que les bacilles isolés, inoculés à l'animal sain, produisaient la tuberculose, exactement comme le faisait le matériel infectieux produit naturellement. Il aboutit alors à l'isolement de bacilles avec exactement les mêmes caractéristiques des différents types de la tuberculose humaine et animale.

Koch présenta ses découvertes à une réunion de la Société de Physiologie de Berlin (probablement parce que officiellement il était physiologiste au Gesundheitsamt) le 24 mars 1882. Il conclut son mémoire par ces mots:

« Tous ces faits pris dans leur ensemble conduisent à la conclusion que les bacilles qui sont présents dans les substances tuberculeuses non seulement accompagnent le processus tuberculeux, mais qu'ils en sont la cause. Dans le bacille nous avons, par conséquent, le virus tuberculeux vrai ».

On rapporte que la communication de Koch fut saluée par un silence marmoréen - il n'y eut rien des discussions animées qui habituellement succèdent à la présentation d'un mémoire scientifique. Mais, après tout, qu'y avait-il à discuter? Koch l'avait fait entièrement, aucun point douteux n'avait été laissé sans solution. Rarement, dans l'histoire de la science, une découverte importante a-t-elle pu être présentée de manière aussi incontestable, une fois pour toutes.

La découverte de Koch inaugura une nouvelle branche de la médecine, celle de la bactériologie clinique. Car on sentit immédiatement que la démonstration des bacilles caractéristiques dans, par exemple, le pus offrait un nouvel instrument de diagnostic d'une précision inégalable.

A Berlin, l'examen du pus pour la recherche des bacilles tuberculeux comme moyen de diagnostic clinique fut accueilli avec enthousiasme et il s'étendit graduellement au monde entier, mais même une année après la découverte de Koch « The Lancet » considérait que « la question de la valeur diagnostique des bacilles tuberculeux était encore dans la région de la connaissance probable plutôt que certaine. Beaucoup plus de travail devra être accompli avant que leur présence dans une excrétion isolée puisse être acceptée comme une preuve absolue d'un processus tuberculeux ».

L'ÉTIOLOGIE DU CHOLÉRA. — De fortes augmentations dans la population, une urbanisation avec des maisons insalubres et de plus larges facilités de voyage firent du 19ème siècle le printemps des maladies infectieuses épidé-

miques. De toutes les épidémies qui balayèrent le monde durant ce siècle, aucune ne fut plus spectaculaire que le choléra. Durant ce siècle, au moins quatre pandémies se propagèrent à travers le monde, provoquant une énorme mortalité. La plus récente s'était éteinte vers 1875 environ, avant que la maladie ne puisse être étudiée par les nouvelles techniques bactériologiques introduites par Koch.

Ce ne fut, par conséquent, ainsi que Koch le proposa, «pas malheureux» que dans l'été de 1883 le choléra éclate dans la géographiquement relativement convenable Egypte. L'occasion d'étudier la cause de la maladie fut saisie avec l'empressement le plus louable par les deux écoles les plus avancées de la science bactériologique dans le monde; celles de Pasteur et de Koch.

Le travail de la Commission française n'a pas lieu de nous retenir, ses résultats étant relativement insignifiants et on le rappelle aujourd'hui principalement à cause de la mort tragique de Thuillier, l'un des commissaires français, du choléra, le 18 septembre.

Koch, accompagné de ses assistants, arriva en Egypte en août et il se mit immédiatement à l'étude de l'anatomie morbide de la maladie. Ceci les convainquit que les lésions essentielles du choléra étaient bornées aux intestins. La microscopie révéla un bacille caractéristique en forme de virgule dans la muqueuse intestinale. Se tournant vers le contenu des intestins, Koch trouva que dans les cas aiguës, non compliqués, de choléra, ce même microbe était présent en nombres énormes.

Mais alors, l'épidémie de choléra disparaissant aussi soudainement qu'elle était apparue, dans les premiers jours de septembre, presque tout s'était apaisé. Les observations préliminaires de Koch avaient été suffisamment prometteuses pour justifier une étude ultérieure et, par conséquent, il fit des préparatifs pour aller en Inde où la maladie était endémique et des cas toujours disponibles.

En Inde, Koch confirma promptement ses observations égyptiennes et les compléta par la culture de son « bacille virgule » sur une variété de milieux de culture artificiels en notant que « dans la gelée nutritive, les colonies des bacilles virgule assumaient une forme tout à fait caractéristique et définie, laquelle, pour autant que je l'ai étudiée, et au point où en est mon expérience, est semblable à celle formée par une autre espèce de bacille ». Il nota que le bacille était aérobie strict, qu'il ne produisait pas de spores, que son développement était inhibé par le plus petit degré d'acidité dans les milieux de culture et il introduisit un nouveau test, la culture par « piqûre de la gélatine » dans laquelle le bacille virgule produisait une apparence caractéristique.

Mais où était la preuve que le « bacille virgule » était la cause du choléra? Il semblait être constamment associé à la maladie. Koch le trouva, par microscopie et par culture, dans 42 cas post mortem et dans les fèces de 32 cas durant la vie. De plus, il put trouver le même organisme dans du matériel de cas en des parties éloignées du monde telles que Alexandrie et Toulon. Il examina soigneusement l'organisme de 30 personnes mortes d'autres types de maladies intestinales, telles que la dysenterie et la fièvre typhoïde, sans trouver le « bacille virgule », et ne put non plus le trouver dans différents prélèvements d'eau ou chez des animaux. Il était sûr que « le bacille virgule était le compagnon constant du processus cholérique, et qu'il n'est présent nulle part ailleurs ». Il reconnut l'avantage de pouvoir transmettre la maladie aux animaux d'expérience en utilisant une culture pure, ainsi qu'il l'avait fait avec le bacille tuberculeux, mais il n'y avait pas d'animaux sensibles na-

turellement au choléra et il n'avait pas pu produire la maladie chez les animaux d'expérience... » Il en résulte que nous devons renoncer à cette méthode de vérification ». Il indiqua que le bacille lépreux, vers cette époque, accepté comme la cause de la lèpre, n'avait pas été cultivé, qu'il y avait d'autres maladies humaines, telles que la fièvre typhoïde, qui ne pouvaient pas être transmises à l'animal, ainsi que de nombreuses maladies animales auxquelles l'homme était immun.

Koch présenta une communication décrivant ses recherches sur le choléra à une conférence tenue à Berlin en juillet 1884, qu'il termina par une discussion exhaustive de l'épidémiologie de cette maladie qui, en fait, ajoutait peu de chose aux publications de Snow antérieures de plus de 30 ans. Mais il signala que l'examen bactériologique permettait de poser un diagnostic précoce, même dans les cas bénins, et pouvait par conséquent être important pour le contrôle de la maladie.

Une fois de plus on ne peut qu'admirer le progrès constant et infaillible de la recherche de Koch et la vitesse (moins d'une année) avec laquelle elle fut conduite à une conclusion heureuse. Cela semble d'autant plus remarquable si nous nous souvenons que Koch ne fut en aucune façon le premier à examiner du matériel cholérique au microscope. Des observateurs hautement compétents comme T. R. Lewis et D. D. Cunningham avaient passé plus de dix ans en Inde à étudier le choléra du point de vue étiologique.

A nouveau, même après que Koch eut pleinement décrit sa découverte, une commission britannique composée de chercheurs aucunement incompétents, envoyée spécialement en Inde pour confirmer les déclarations de Koch, échoua complètement à le faire. Deux ans après la publication de Koch, d'éminents scientifiques anglais comme C.S. Roy et Charles Sherrington rapportèrent qu'ils avaient trouvé un champignon comme cause du choléra. La contradiction entre les résultats de Koch et ceux d'autres chercheurs dans le même domaine est la mesure de sa supériorité technique, mais c'était une supériorité technique qui se hissait au niveau du génie.

En octobre 1884, Koch commença à dispenser son premier cours d'enseignement pratique de la bactériologie. On lui procura un laboratoire d'enseignement bien équipé et l'objet du cours était de familiariser un grand nombre de médecins, aussi rapidement que possible, avec la technique d'établissement du diagnostic bactériologique du choléra. Des délégations comprenant entre quatre à six médecins des villes principales d'Allemagne passaient des périodes de 10 jours de travail pratique sous la surveillance directe de Koch. Quelques étudiants étaient admis provenant d'autres parties du globe.

L'année après que Koch compléta des études sur le choléra, à l'âge de 42 ans, il fut nommé professeur d'hygiène à l'Université de Berlin. Il resta, naturellement, actif dans la recherche, car jamais homme ne vécut plus fidèlement dans la devise qu'il avait mis en tête d'un essai d'étudiant - « Nunquam otiosus » (ne soit jamais oisif). Cependant, les 5 années suivantes de sa vie sont surtout importantes pour son enseignement et pour la surveillance du travail de ses assistants, qui eux-mêmes étaient sur la voie de faire des découvertes importantes.

ETUDES ULTÉRIEURES SUR LA TUBERCULOSE. — L'intérêt personnel, comme chercheur, de Koch s'était centré principalement sur la tuberculose, car il avait

le premier découvert le bacille causal et il continuait sur celui-ci, en dépit des interruptions constantes que sa célébrité dressaient maintenant sur son chemin. Presque certainement ce fut le succès de Pasteur à atténuer les microbes du charbon et du choléra du poulet qui inspira à Koch le désir d'atteindre à un même succès avec la tuberculose. Il semble avoir démarré en éprouvant systématiquement une grande variété de substances chimiques quant à leur pouvoir à inhiber la croissance du bacille tuberculeux in vitro, et puis il vérifia leurs effets dans la tuberculose du cobaye. Il trouva de nombreux composés qui étaient efficaces in vitro, mais aucun ne déploya d'effet sur la maladie in vivo.

Au cours de ce travail Koch observa un nouveau phénomène - la différence dans la réponse à une injection de bacilles tuberculeux entre un cobaye sain et un cobaye qui était déjà infecté par le bacille tuberculeux. Chez le premier, un nodule se développait lentement, régressant finalement avec de l'ulcération intéressant l'épaisseur de la peau, et qui persistait jusqu'à la mort de l'animal. Chez le dernier, après 24 heures environ, il y avait une active réponse inflammatoire locale, suivie par de la nécrose de la zone, avec exfoliation et guérison rapide de la peau endommagée. Ce fut là la première observation de ce que nous appelons « l'allergie bactérienne ». Koch ne saisit pas la signification de cette observation, mais il fut intensément intéressé d'un point de vue thérapeutique, et dans son investigation de la cause de cet effet il découvrit ce qui, plus tard, fut connu comme la « tuberculine ». Un filtrat de culture en bouillon du bacille tuberculeux produisait une sévère réaction locale chez un cobaye tuberculeux, bien que sans effet chez un animal sain. Une dose suffisante de « tuberculine » tuait régulièrement un animal infecté, mais, à nouveau, était inoffensive pour un animal sain.

Il est difficile de débrouiller l'histoire de cette phase du travail de Koch à cause du mystère dont Koch, pour certaines raisons, l'entoura. Il ne publia pas son mémoire sur l'allergie bactérienne avant 1891 - c'est-à-dire après qu'il eut mis le monde en émoi avec l'annonce qu'il avait développé un traitement curatif de la tuberculose.

En 1890, Koch fut invité à faire l'une des allocutions au Congrès Médical International qui devait se tenir à Berlin. Il semble n'y avoir aucun doute qu'il répugna à le faire, mais une pression ministérielle fut exercée sur lui et il semble probable que, non seulement il fut contraint à parler, cela pour des raisons politiques, mais aussi qu'on attendait de lui une découverte retentissante. Koch choisit de parler de la « Recherche Bactériologique » et il considéra l'histoire et les progrès récents de cette jeune science et en vint, presque à la fin de son discours, à la déclaration qu'il avait « enfin mis le doigt sur une substance qui avait le pouvoir d'inhiber la croissance du bacille tuberculeux; non seulement dans le tube à essai, mais aussi dans l'organisme de l'animal dans lequel le processus morbide pouvait être complètement stoppé ». Il ne fournit absolument aucun détail au sujet de son agent thérapeutique, ni aucune preuve expérimentale réelle de ses déclarations.

De petits essais cliniques étaient pendant ce temps poursuivis dans diverses cliniques de Berlin et en novembre, trois mois après son annonce primitive, Koch publia un article donnant quelques détails. Dans celui-ci il se dispensait de décrire la nature de son remède, y faisant allusion seulement comme à un « liquide brunâtre transparent », et de fournir des précisions sur le travail chez l'animal sur lequel ses essais chez l'homme était basé. Il affirmait que sa substance était d'une totale innocuité pour un cobaye sain, même

à la dose de 2,0 ml, mais chez un homme en bonne santé (Koch lui-même) 0,25 ml produisait une sévère réaction générale et locale. Cependant, si la dose était ramenée à 0,01 ml, celle-ci n'avait aucun effet chez un homme en bonne santé, mais produisait une réaction sévère en cas de tuberculose. Des doses plus faibles provoquaient des réactions plus atténuées et, lorsque la lésion tuberculeuse était directement visible, comme dans le lupus de la peau, la réponse inflammatoire frappante, à l'intérieur et autour des lésions existantes, était très évidente. Des réactions semblables, mais moins visibles se manifestaient autour des glandes tuberculeuses dans le cou, autour des lésions tuberculeuses osseuses et sans doute également dans les lésions pulmonaires. Dans le lupus, cette réaction, qui souvent conduisait à une exfoliation de la zone affectée, semblait produire une certaine amélioration par la formation d'un tissu de réparation net. Koch crut que son réactif pourrait, en provoquant une vive réaction inflammatoire, conduire à la guérison toute lésion tuberculeuse. Dans la tuberculose pulmonaire il prétendit que « la toux et l'expectoration généralement augmentaient un peu après la première injection, puis augmentaient de moins en moins, et dans les cas les plus favorables disparaissaient entièrement; l'expectoration perdait aussi son caractère purulent pour devenir muqueuse....en même temps les sueurs nocturnes cédaient, l'aspect des malades s'améliorait et ils prenaient du poids. »

D'entrée, Koch fut critiqué de garder la nature de son « liquide brunâtre transparent » secrète. Il y eut différentes spéculations sur la raison; on suggéra qu'il désirait forcer les autorités à lui fournir de meilleures conditions de travail. L'explication est certainement simplement que Koch était dans l'embarras. Son réactif avait sans aucun doute un puissant effet sur le processus tuberculeux, mais la nature de cet effet n'avait été en rien suffisamment étudiée. Si on l'avait laissé faire, Koch n'aurait jamais publié sa découverte sans une investigation complète qui avait été si caractéristique de son travail antérieur. La tragédie fut que, comme un article de première page dans le British Medical Journal l'indiquait, « Le monde médical a appris à croire que tout travail exécuté sous les auspices du Professeur Koch est complet et authentique... » et qu'il y a « un sentiment de confiance dans la valeur scientifique de la découverte de Koch... ».

Le nouveau remède fut d'abord connu en tant que « lymphe de Koch » mais son nom fut bientôt changé en « Tuberculine » et le monde médical fut surpris lorsque Koch finalement révéla sa nature, qui n'était rien de plus qu'un extrait d'une culture sur bouillon glycériné de bacilles tuberculeux.

Tout de suite il y eut un accord général à propos de la valeur de la tuberculine pour le diagnostic, mais des doutes quant à sa valeur thérapeutique, en particulier dans la tuberculose pulmonaire. Il n'est pas nécessaire de suivre dans le détail le progrès graduel de la désillusion qui fut plus prolongée qu'elle ne l'aurait pu pour deux raisons; la propre insistance obstinée de Koch sur sa valeur et le fait que la technique de l'essai dûment contrôlé n'avait pas encore été élaborée.

Parlant au Congrès britannique sur la Tuberculose en 1902, Koch déclara qu'il considérait toujours la tuberculine comme « un remède très efficace de la phtisie naissante ». Mais il insista sur ce que son emploi devait être restreint aux cas curables et n'être utilisée que chez les malades dont la température était normale. Des cas qui étaient naissants, curables et avec une température normale impliquaient de nombreux diagnostics erronés et une forte pro-

portion de cas de tuberculose qui se seraient améliorés spontanément, de sorte qu'il ne fut pas surprenant que la tuberculine apparut comme un remède utile. Mais, vers 1902, les médecins dotés d'une grande expérience de la tuberculose avaient largement abandonné le traitement par la tuberculine.

Koch ne sort pas avec une grande réputation de l'histoire de la tuberculine qui crée un amer contraste avec son oeuvre antérieure sur le charbon, les maladies infectieuses traumatiques, la tuberculose et le choléra. En effet, lorsqu'on lit les publications de Koch sur la tuberculine, il est difficile de croire qu'elles sont de la même main que celle de l'auteur des autres contributions classiques. Cependant, les informations contenues dans cette recherche furent d'une importance fondamentale; la découverte de l'allergie bactérienne et la démonstration de sa valeur en tant qu'instrument diagnostic et de dépistage, chez l'homme et les animaux, aurait fait la réputation de tout homme. Le malheur c'est que Koch n'était plus intéressé par l'observation, mais qu'il désirait inventer un traitement.

L'autre contribution principale de Koch dans le domaine de la tuberculose ne fut pas plus heureuse que son travail sur la tuberculine. On admettait généralement que le même bacille causait la tuberculose chez l'homme et le bétail mais, en 1898, Theobald Smith montra tout à fait nettement que les souches humaines et bovines étaient distinctes, différant dans la virulence pour le lapin et dans certains caractères culturaux. Koch accepta cela et persista à soutenir que le bacille bovin n'était pas pathogène pour l'homme, ou presque. Il basait son opinion sur le fait que le bacille humain était virtuellement non pathogène pour le bétail, ainsi qu'on put le démontrer expérimentalement, et que la primo-infection tuberculeuse de l'intestin chez l'homme était une maladie très rare. Il ne fit pas attention à la détection commune de la tuberculose des noeuds lymphatiques mésentériques chez les enfants, suggérant que des bacilles s'étaient propagés à partir du tractus intestinal. Il exposa ces opinions au British Congress on Tuberculosis, en 1901, et il fut désapprouvé par d'éminents vétérinaires tels que Nocard et Bang, de même que par d'experts pathologistes humains. A nouveau, la grande autorité de Koch fut une menace. Comme Bang le signala, la simple opinion de Koch était de nature à gêner les campagnes dans le but de l'obtention de lait non contaminé pour l'approvisionnement du public. Koch a été considéré comme peut-être le plus grand de tous les bactériologistes médicaux et, en effet, il y a beaucoup à dire en faveur d'un tel jugement. Sa vie, comme nous l'avons vu, ne fut pas celle d'un solitaire de laboratoire; à tous les égards il vécut une vie intense et aventureuse, à la fois physiquement et intellectuellement. Sa biographie est riche d'intérêt humain autant que scientifique et la somme finale, pour le bien et le mal, de sa contribution à la bactériologie fut le produit, non seulement de son génie scientifique, mais aussi de ses faiblesses humaines.

London, King's College Hospital Medical School.

W. D. FOSTER

(Traduit par B. Bizzini - Neuilly-sur-Seine)

Copyright by
Rivista "SCIENTIA" Editrice
Sede legale - Milano, Via Donizetti 55
Registrata presso la Cancelleria del Tribunale di Milano col N. 1276
NORA BONETTI - *Direttore Responsabile*

ODAG - OFFICINA D'ARTI GRAFICHE - MILANO

SCHELABOR S.P.A. milano

già SOCIETÀ ITALIANA PRODOTTI SCHERING

SPECIALITÀ MEDICINALI

* Anovlar
* Atophan
* Atophan Balsamo
* Biligrafin
* Biligrafin forte
  Corti-Fluoral
* Cortiron
* Cortiron Depot
  Detoxicon
* Duogynon
* Duogynon orale
  Florigien
  Inosipsina
  Isotiran
* Kiron
  Metabolit
* Neutralon
* Neutralon Belladonna
* Normacol
* Pernexin
* Primobolan
* Primobolan Depot
* Primodian
* Primodian Depot
* Progynon Balsamo
* Progynon confetti e gocce
* Progynon B oleoso
* Progynon Depot
* Proluton
* Proluton Depot
* Schericur
* Solu-Biloptin
  Spasmamide
  Spasmamide Composta
* Testoluton
* Testoluton Forte
* Testoviron
* Testoviron Depot
* Urografin
* Urotropina

E inoltre:

* Atophanyl
* Cylotropina
* Felicur
* Metilandrostendiolo
* Neotropina
* Scheroson oftalmico
  Tilene
  Tilene Complex
  Tiolicum
* Vasano

* Specialità su licenza SCHERING A.G. - Germania

SUPPLÉMENT

Traductions Françaises

des articles dont le texte original n'est pas en langue française.
(Chaque traduction a été revisée par l'Auteur).

LES CHAMPS MAGNÉTIQUES DANS L'ESPACE COSMIQUE

La plus grande partie de la matière cosmique est à l'état de plasma. Les champs magnétiques et électriques dans le cosmos sont responsables du comportement physique des plasmas cosmiques. On a pu mesurer les champs magnétiques dans l'espace interplanétaire au moyen de l'effet Zeeman, de la polarisation de la lumière stellaire et du rayonnement synchrotron des particules énergétiques (rayonnement cosmique). Ils ont une intensité d'environ 10^{-5} à 10^{-6} gauss. Les champs magnétiques à la surface des étoiles et du soleil ont été mesurés par l'effet Zeeman. Ces champs stellaires peuvent atteindre une intensité de plusieurs milliers de gauss, tandis que le champ magnétique solaire vaut environ un gauss près des pôles. Dans les taches solaires on peut trouver des champs de plusieurs milliers de gauss. La planète Jupiter a aussi un champ magnétique important tandis que les planètes Mars et Venus et la Lune possèdent seulement un champ magnétique très faible comme on a pu le montrer, par des mesures directes à l'aide de sondes spatiales. Avec les mêmes satellites et sondes on a mesuré la direction (structure spirale) et l'intensité (10^{-5} gauss) du champ magnétique interplanétaire. Les champs électriques au voisinage de la Terre (ionosphère et magnétosphère) ont pu être mesurés ces dernières années à l'aide de nuages de baryum. Leur intensité vaut quelques volts par kilomètre pour les latitudes géomagnétiques moyennes. Elle est d'un ordre de grandeur plus élevée dans la zone aurorale.

1. Introduction. - 2. Les conditions physiques dans le cosmos. - 3. Les champs magnétiques dans le cosmos. - 3.1. L'espace interstellaire et l'espace intergalactique. - 3.2. Le soleil et l'espace interplanétaire. - 3.3. La magnétosphère. - 4. Les champs électriques dans la haute atmosphère. - 4.2. Choix des éléments employés pour constituer les nuages ionisés. - 4.3. Diffusion et ionisation du baryum. - 4.4. Expérimentation réalisée. - 4.5. Comportement des nuages ionisés. - 4.6. Conclusion.

1. - INTRODUCTION. — Avec ses méthodes neuves, la recherche spatiale ouvre des possibilités d'obtenir des connaissances nouvelles sur les objets qui se trouvent dans le cosmos et sur les processus qui s'y déroulent. Ces connaissances nouvelles nous instruisent, non seulement sur l'état présent du cosmos mais également sur ses états antérieurs et sur son développement. Les champs et les particules sont les sujets de nos études, mais ce sont également les porteurs d'information qui agissent sur nos instruments d'observation et de mesure. La recherche spatiale avec les moyens qui lui sont propres, c'est à dire les ballons, les fusées de haute altitude, les satellites et les sondes spatiales nous a permis d'effectuer, au cours des dernières années un grand nombre d'observations nouvelles et d'en rassembler les résultats. Je traiterai ici brièvement les champs magnétiques et électriques qui gouvernent l'état et l'évolution de l'espace et sur lesquels nous avons obtenu de riches informations au cours de ces dernières années. Nous mettrons également, si possible, en évidence la liaison étroite qui existe entre les observations que l'on peut accomplir dans l'espace extraterrestre et celles que l'on peut faire au sol.

2. - LES CONDITIONS PHYSIQUES DANS LE COSMOS. — Avant de parler des observations et des mesures des champs électriques et magnétiques, je voudrais brièvement indiquer comment ces champs jouent un rôle si important

dans l'espace. Nous sommes habitués, en effet, à ce que dans les conditions qui règnent à la surface du sol, les champs électriques ou magnétiques ne jouent pas un rôle primordial dans les processus qui s'y déroulent. Mais l'état physique de la matière telle qu'elle existe dans le cosmos diffère totalement de ce qu'elle est dans le domaine qui nous entoure. Plus de 90% de la matière du cosmos se trouve sous la forme nommée plasma. On désigne par là un mélange de particules ionisées, atomes ou molécules, chargées positivement avec un nombre sensiblement égal d'électrons libres chargés négativement. L'état de plasma résulte des conditions de température et de pression qui règnent dans la plupart des régions du cosmos. Étant une matière chargée électriquement, un plasma entre en interaction avec les champs électriques et magnétiques auxquels il est soumis.

Dans tout le cosmos on trouve de la matière sous forme de plasma: que ce soit, par exemple, dans la magnétosphère qui entoure la terre, dans l'espace interplanétaire et l'espace interstellaire, dans de nombreuses queues de comètes ainsi que dans le soleil et dans l'atmosphère des étoiles.

Sur la terre, dans les planètes et dans les couches basses des atmosphères correspondantes, la matière se trouve dans un tout autre état. Des températures plus basses ou des pressions plus élevées y empêchent l'ionisation, de sorte que la matière qui nous entoure est, en grande partie, électriquement neutre et ne réagit pas aux champs électriques ou magnétiques. Comme déjà dit, ces conditions sont exclues dans le cosmos.

Les particules électrisées du plasma cosmique sont, elles, influencées dans leur mouvement par les champs électriques et magnétiques. Si nous considérons d'abord une particule chargée isolée, nous constatons qu'elle est déviée de son mouvement primitif par un champ magnétique, de telle sorte qu'elle décrit une hélice autour des lignes de force. Un champ électrique dévie également la particule. Sous l'action combinée d'un champ électrique et d'un champ magnétique que nous supposerons, pour simplifier, perpendiculaires, la particule prend, en plus de son mouvement circulaire autour des lignes de force magnétiques un autre mouvement, dans une direction perpendiculaire, à la fois, au champ électrique et au champ magnétique: la particule dérive alors avec une vitesse $\vec{V}_D$, dont l'expression est donnée par:

$$\vec{V}_D = \frac{c}{B^2} \vec{E} \times \vec{B}$$

où $\vec{E}$ est le champ électrique, $\vec{B}$ le champ magnétique et c la vitesse de propagation de la lumière. Les choses se compliquent lorsqu'il existe un plasma, c'est à dire un grand nombre de particules positives et négatives dans un champ magnétique. Les particules décrivent des hélices autour des lignes de force magnétiques, mais il se peut que le plasma soit le siège d'un courant électrique qui crée son propre champ magnétique.

Il est particulièrement important que le plasma cosmique soit raréfié au point que les particules chargées qui le composent n'entrent en collision que très rarement. Elles doivent parcourir des distances considérables avant de rencontrer une autre particule, ce que le physicien exprime en disant que les libres parcours sont très grands. Mais, du fait de leur charge électrique, les particules chargées véhiculent du courant électrique, de sorte que leur libre

parcours important signifie qu'elles pourront fort bien transporter le courant d'un point à un autre: la conductivité électrique est importante.

Il en résulte que des champs électriques, même minimes, suffisent, de ce fait à donner naissance à des courants importants. On doit se rappeler, de surcroit, que, dans la plupart des cas, la matière conductrice constituant le plasma se déplace dans le cosmos avec des vitesses importantes. Un fluide ou un gaz conducteur qui se déplace perpendiculairement à un champ magnétique produit un champ électrique que l'on doit considérer comme différent du champ extérieur appliqué lorsqu'on considère le courant électrique résultant. Sur cette observation repose la possibilité de transformer directement l'énergie cinétique en électricité, application qui est étudiée dans plusieurs laboratoires de par le monde, dans le but de construire éventuellement ce que l'on nomme des générateurs à magnétohydrodynamique. La densité de courant électrique est régie par la loi d'Ohm pour les milieux en mouvement, à savoir:

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}^* = \sigma \left(\vec{E} + \frac{\vec{v}}{c} \times \vec{B}\right)$$

où σ est la conductibilité électrique, $\vec{E}^*$ le champ électrique dans le plasma tel qu'il serait mesuré par un observateur entraîné avec lui, $\vec{E}$ le champ appliqué extérieur, $\vec{B}$ le champ magnétique, $\vec{v}$ la vitesse du courant et c la vitesse de la lumière.

Si la conductibilité σ est très grande, ce qui est le cas d'après le tableau 1 presque partout, dans le cosmos, $\vec{E}$ doit être pratiquement nul pour que $\vec{j}$ conserve une valeur finie. Ceci veut dire que le champ électrique satisfait à la relation:

$$\vec{E} = -\frac{\vec{v}}{c} \times \vec{B}$$

La valeur élevée de la conductibilité électrique a une autre conséquence qui résulte directement de la relation ci-dessus et qui est très remarquable: le mouvement d'un plasma rend les lignes de force magnétiques perpendiculaires à sa direction: le champ magnétique est, en quelque sorte «gelé» dans le plasma, ainsi que disent les physiciens des plasmas.

Après ces remarques préliminaires relatives aux conditions physiques qui règnent dans le cosmos, nous allons étudier les champs qui y existent.

3. - Les champs magnétiques dans le cosmos. - 3.1. - Espace interstellaire et espace intergalactique. — Il existe différentes manières, directes ou indirectes, de mettre en évidence les champs magnétiques cosmiques, même très éloignés de la Terre. Nous savons non seulement que les étoiles possèdent un champ magnétique, mais aussi que les régions qui se trouvent entre les étoiles et l'ensemble de notre voie Lactée sont le siège de champs magnétiques. On n'a pas encore pu prouver l'existence de champs magnétiques dans les domaines situés entre les galaxies, mais cette existence apparaît théoriquement très vraisemblable.

Parmi les différentes méthodes que l'on emploie en astronomie pour mettre en évidence les champs magnétiques, il nous faut mentionner, tout d'abord, celles qui se basent sur ce que l'on appelle l'effet Zeeman. Il s'agit d'un dédoublement de raies spectrales normalement simples, sous l'influence d'un champ magnétique par lequel la lumière se trouve, en outre, partiellement polarisée. De l'amplitude du dédoublement et de la polarisation, on peut déduire l'intensité et la direction du champ magnétique. Cette méthode, qui emploie des instruments d'observation terrestres s'applique à tous les objets cosmiques dont on reçoit un spectre convenable, c'est à dire un spectre suffisamment séparé; jusqu'à l'apparition des sondes spatiales, c'était la plus importante des méthodes utilisées en astronomie pour mettre en évidence les champs magnétiques cosmiques. On a pu, ainsi observer dans certaines étoiles des champs magnétiques compris entre quelques gauss et plusieurs milliers de gauss. Le champ magnétique de l'espace interstellaire est beaucoup plus faible et l'observation de l'effet Zeeman sur la raie de 21 cm de l'hydrogène interstellaire conduit à lui attribuer une intensité de 10^{-5} à 10^{-6} gauss.

Bien que le champ magnétique interstellaire soit très faible, il influence les particules non sphèriques qui s'y trouvent et leur confère une orientation définie. De sorte que la lumière qui nous parvient à travers l'espace interstellaire depuis les étoiles qui se trouvent au delà, se trouve polarisée avant d'atteindre la Terre. Ceci nous ouvre la possibilité de caractériser les champs magnétiques de l'espace et leur direction sans aucun appareillage spectroscopique, uniquement en effectuant des mesures de polarisation.

Nous mentionnerons enfin une troisième méthode, très intéressante. Outre les plasmas thermiques, nous pouvons observer dans l'espace interstellaire l'existence de particules très énergiques, que l'on nomme les rayons cosmiques. Ce sont des particules électrisées, avec des énergies de l'ordre de 10^8 à 10^{18} eV: pendant leur mouvement elles sont influencées par le champ magnétique et décrivent des spirales autour des lignes de force, comme les protons et électrons qui se trouvent dans un grand accélérateur, par exemple un synchrotron. Sachant qu'un mouvement circulaire correspond à une variation constante d'accélération, il en résulte que les dites particules abandonnent de l'énergie sous forme de rayonnement électromagnétique. Le rayonnement des électrons est particulièrement intense en raison de leur faible masse. Il est, de plus, polarisé et peut être observé optiquement aussi bien que dans les radiotéléscopes. Ce type de rayonnement ayant été observé la première fois dans un synchrotron on le désigne du nom de rayonnement-synchrotron. La nébuleuse du Crabe, qui est le reste de l'explosion d'une supernova survenue en 1054 constitue une source intense de rayonnement synchrotron, car elle présente un champ magnétique intense (environ 10^{-4} gauss) ainsi que des électrons de haute énergie, l'un et l'autre étant les séquelles d'une explosion remontant à un millénaire. Les électrons doivent, en tous cas, subir l'accélération au cours de leur course, car le rayonnement leur fait perdre leur énergie.

3.2. - Le Soleil et l'espace interplanétaire. — On sait, depuis le début du siècle environ, que le Soleil possède un champ magnétique de l'ordre d'environ 1 gauss, ceci d'après l'observation de l'effet Zeemann sur les raies spectrales du Soleil. Il existe, de plus, sur le Soleil, dans ce que l'on nomme les taches solaires, d'importants champs magnétiques locaux, pouvant dépasser

10^3 gauss. En ce qui concerne les planètes et la Lune, on était, jusqu'ici réduit à des considérations théoriques basées sur les hypothèses que l'on pouvait faire sur la structure interne de ces corps célestes. Depuis peu, les mesures effectuées par les sondes spatiales Mariner II, Mariner IV, Surveyor, Lunik etc. ont montré que les planètes Vénus et Mars ainsi que la Lune n'avaient que de très faibles champs magnétiques. Ceci a été établi par des magnétomètres placés à bord de ces engins qui ont pu pénetrer dans les domaines où s'exercent les champs étudiés, ce qui constitue une différence radicale avec les méthodes indirectes précédemment employées, lesquelles étaient basées sur des observations effectuées au sol. En ce qui concerne Jupiter, nous savons au contraire que cette planète présente un fort rayonnement synchrotron, et l'on en déduit qu'elle possède un champ magnétique important. Des mesures précises effectuées par une sonde spatiale qui emporterait un appareillage approprié au voisinage de Jupiter présenteraient donc un très grand intérêt.

Avant l'apparition des satellites et des sondes spatiales, on ne savait presque rien de la force et de la direction des champs magnétiques de l'espace interplanétaire, car la densité de matière y est si faible que les effets analogues à ceux que présente le gaz interstellaire sont trop faibles pour être observés, et qu'il n'a pas été, jusqu'ici, possible de distinguer entre les effets de la poussière et ceux du gaz observés depuis le sol. Des calculs de trajectoires de rayons cosmiques effectués par Schlüter et par l'auteur dans les années 1950 ont amené à prévoir qu'il devait exister des champs de l'ordre de 10^{-5} gauss dans l'espace interplanétaire. L'étude des observations effectuées sur les queues de comètes qui sont constituées de gaz ionisés amenait sensiblement aux mêmes conclusions.

Mais, au cours des toutes dernières années, on a pu avoir des résultats directs de mesure effectués avec des magnétomètres à barrière de flux, des détecteurs de Förster ou des magnétomètres à rubidium embarqués sur des engins spatiaux. Il faut citer en particulier les mesures poursuivies par Davis et ses collaborateurs au Jet Propulsion Laboratory à Pasadena, au moyen des sondes spatiales Mariner II, Mariner IV ainsi que celles de Ness utilisant les engins IMP I, IMP II et d'autres.

Le champ magnétique interplanétaire a une intensité voisine de celle du champ de l'espace interstellaire: celle-ci, comm déjà dit, est de l'ordre de 10^{-5} gauss. Pour pouvoir le mesurer avec un engin spatial, il y a lieu de prendre des précautions particulières en vue de s'assurer qu'il est complétement démagnétisé, de telle sorte que les mesures soient exactes. Cette condition n'est pas aisée à satisfaire. Le satellite HEOS-A de l'ESRO construit par la firme Junkers, entrepreneur principal, doit satisfaire à la spécification d'avoir un champ magnétique propre inférieur à 10^{-5} gauss.

La direction du champ magnétique interplanétaire est variable au cours du temps, mais les lignes de force demeurent orientées vers le Soleil ou à son opposé. La structure du champ est donc en forme de spirale, la raison en étant dans la direction des courants de plasma, dits vents solaires, ainsi que dans la rotation propre du Soleil autour d'un axe presque perpendiculaire à l'écliptique: la forme des lignes de force se rapproche de celle des jets d'eau d'une arroseuse de jardin. Ness et Wilcox ont pu établir que l'origine de ce champ interplanétaire était très vraisemblablement le Soleil. En effet, ses variations de direction suivent une périodicité de 27 jours, qui correspond à la période de la rotation solaire observée de la Terre. On observe, de plus, une

structure sectorielle et une bonne corrélation entre la direction de certains champs magnétiques locaux de la région équatoriale du Soleil et la direction des champs interplanétaires.

Les lignes de force magnétiques sont courbées par le vent solaire en raison de la grande conductibilité électrique de ces courants de plasma: il en résulte que le champ interplanétaire s'incurve autour de la Terre. Le vent solaire lui-même est courbé par le champ magnétique terrestre. Sachant que sa vitesse est supersonique, il produit une onde de choc du côté de la Terre qui regarde le Soleil, en aval de laquelle la structure du champ magnétique se trouve modifiée. Tandis que dans l'espace interplanétaire non perturbé, en amont de l'onde de choc, le champ est régulier et lisse, il présente entre l'onde de choc et la magnétosphère terrestre, c'est à dire dans la zône où règne le champ magnétique terrestre, une structure très irrégulière, avec des fluctuations. L'épaisseur et la structure de l'onde de choc ne dépendent pas, comme dans la dynamique normale des gaz, des chocs entre les particules et, par suite, de la valeur du libre parcours moyen. Celui-ci est très grand, au point d'atteindre environ une unité astronomique au voisinage de la Terre. L'action mutuelle des particules est produite par le champ magnétique autour duquel les trajectoires s'enroulent en spirale et qui les empêche ainsi de s'écarter, au moins dans la direction perpendiculaire au champ magnétique. Au lieu du libre parcours, c'est le rayon de giration des particules qui intervient. Celui-ci correspond assez bien aux dimensions de l'onde de choc. Il nous manque actuellement une théorie des ondes de choc de cette nature que l'on nomme également des ondes de chocs sans choc, puisque les chocs prévus par la théorie cinétique des gaz n'y jouent aucun rôle. On a essayé de reproduire de telles ondes en laboratoire, mais les conditions nécessaires sont très difficiles à réaliser. L'existence de telles ondes de choc sans choc n'a été indubitablement établie que par les observations effectuées dans l'espace interplanétaire.

3.3. - La magnétosphère. — Les mesures effectuées par les satellites ont également prouvé que notre champ magnétique terrestre était considérablement déformé par le vent solaire. Au voisinage de la surface terrestre, celui-ci peut être décrit comme le champ d'un dipôle. Vers le Soleil, il s'étend dans l'espace jusqu'à une distance d'environ 10 rayons terrestres, celle-ci étant définie par le point d'équilibre entre la pression dynamique du vent solaire et l'influence magnétique terrestre. A l'opposé du Soleil, les lignes de force du champ magnétique terrestre sont, au contraire étirées par l'influence du vent solaire, de sorte que la Terre possède une queue magnétique - analogue à celle d'une comète - derrière elle, qui s'étend vraisemblablement au delà de l'orbite lunaire.

Les mesures effectuées dans la queue, aussi bien que dans la région de transition entre la magnétosphère et l'espace interplanétaire ont donc un grand intérêt. Les lignes de force qui s'épanouissent dans la queue ont leur point de départ sur la surface terrestre au voisinage des pôles, là où l'on observe les aurores boréales. Ces phénomènes, de même que l'arrivée de particules à haute énergie dans ces mêmes régions, sont notablement influencés par les mouvements d'ensemble qui se produisent dans la queue ou dans la région de transition.

On doit donc s'attendre à ce que les déplacements du plasma et, en raison de sa grande conductibilité, les déplacements du champ magnétique aussi,

produisent des champs électriques. Ces champs électriques sont susceptibles d'accélérer des particules isolées et de leur communiquer des énergies importantes. Dans la zône des aurores boréales, on observe effectivement des particules ayant des énergies de l'ordre du keV, qui ont très vraisemblablement une telle origine.

4. - LE CHAMP ÉLECTRIQUE DANS LA HAUTE ATMOSPHÈRE. - 4.1. - GÉNÉRALITÉS. — Il n'est pas facile de mesurer le champ électrique au voisinage de la Terre ou dans l'espace interplanétaire. Nous indiquerons d'abord brièvement les méthodes qui permettent de déterminer, au moins, le champ électrique de la haute atmosphère. Les engins spatiaux ont permis d'effectuer des mesures directes au magnétomètre du champ magnétique de l'espace interplanétaire au voisinage de l'engin. Par contre, on n'a pu, jusqu'ici, concevoir d'instrument analogue qui soit capable de mesurer le champ électrique au voisinage de l'engin; il y a beaucoup de raisons pour cette situation. D'abord, les champs à mesurer sont extrêmement faibles: de l'ordre d'un millivolt par mètre; deuxièmement, l'engin influence lui-même le champ électrique à son voisinage, du fait qu'il est lui-même électriquement chargé par diverses causes qui produisent à sa surface des charges électriques non négligeables: par exemple, la face exposée au Soleil peut perdre des photoélectrons sous l'action du rayonnement ultra-violet solaire. Enfin, l'engin se déplace par rapport au plasma qui l'entoure, en raison de sa vitesse orbitale et également, dans certains cas, de sa rotation propre autour d'un axe, lorsque celle-ci est utilisée pour le stabiliser dans l'espace. Dans un plasma magnétique, le mouvement induit un champ électrique. Dans le cas des satellites terrestres, ce champ induit est, dans la plupart des cas, plus important que le champ à mesurer. Il existe donc des difficultés insurmontables lorsque l'on essaie de mesurer le champ électrique par des méthodes analogues à celles qui sont employées pour la mesure du champ magnétique.

Au cours de ces dernières années, nous avons tenté, dans notre Institut, de mettre au point une autre méthode de mesure des champs électriques. Après avoir surmonté de nombreuses difficultés expérimentales, nous avons pu effectuer un grand nombre de mesures qui ont permis, pour la première fois, d'apprendre quelque chose sur les champs magnétiques qui existent dans la haute atmosphère et de comparer les valeurs mesurées aux prévisions théoriques.

La méthode de mesure utilise l'effet que nous avons signalé au début, selon lequel l'existence simultanée d'un champ électrique et d'un champ magnétique communique au plasma un mouvement perpendiculaire à ces deux champs. On injecte donc, au moyen de fusées expérimentales, des nuages artificiels de plasma dans le champ magnétique terrestre. Ces nuages de plasma, qui se composent d'ions et d'électrons - nous les appelons également, pour cette raison, nuages ioniques - peuvent être observés à l'oeil nu depuis le sol lorsque les conditions sont favorables. Avec des caméras de télévision et un appareillage photographique, il est possible de déterminer la direction et la vitesse de leur mouvement. Le champ magnétique étant connu, on peut en déduire le champ électrique: dans le cas le plus simple, il est donné par la formule:

$$\vec{E} = -\frac{1}{c}\,\vec{v} \times \vec{B}$$

Certaines corrections doivent, le cas échéant, être effectuées, car la haute atmosphère est aussi le siège de vents violents. Nous ne pouvons, ici, entrer dans les détails.

4.2. - Choix des éléments chimiques pour l'obtention des nuages ioniques. — Nous décrivons ces expériences ci-après. La première question à résoudre est celle du choix des éléments ou des composés chimiques à utiliser pour les essais. Différentes conditions doivent être remplies: (1). Pour que les nuages soient visibles du sol, les raies de résonance des ions, et si possible également celles des atomes et des molécules neutres doivent se trouver dans la zône de transparence, la « fenêtre optique » de l'atmosphère terrestre (2). Le rayonnement émis par le nuage sous l'excitation due à la lumière solaire doit être aussi intense que possible. Physiquement, ceci signifie que la constante de temps d'excitation des raies doit être aussi courte que possible (3). Pour pouvoir vaporiser la substance à partir d'une fusée, elle doit être facilement vaporisable, c'est à dire que sa température d'évaporation doit être aussi faible que possible (4). Pour utiliser le mieux possible la charge utile de la fusée, l'ionisation des atomes vaporisés doit être produite par la lumière solaire, qui est une source d'énergie gratuite à notre disposition. Le coefficient de photoionisation doit donc être aussi grand que possible et la constante de temps de photoionisation courte, de façon que le nuage ne soit pas dispersé par la diffusion avant que les particules qui le composent ne soient ionisées.

Si l'on rapproche ces conditions des possibilités offertes par la série périodique des éléments on constate que certains métaux alcalins, particulièrement le baryum (Ba) et aussi certaines terres rares, à savoir l'europium (Eu) et l'ytterbium (Yb) remplissent les conditions indiquées. Les quantités nécessaires sont très faibles. Une quantité de 10 à 100 g d'ions de baryum peut être observée du sol pendant un temps suffisamment long. Pour effectuer une expérience dans l'espace interplanétaire; il a suffi de quelques kilogrammes de baryum vaporisé pour obtenir un nuage visible pendant environ une demi-heure.

4.3. - Vaporisation et ionisation du baryum. — La vaporisation du baryum résulte d'une réaction chimique. On a essayé un grand nombre de réactions différentes avant de constater que la réaction du baryum métallique sur l'oxyde de cuivre est très efficace:

$$(n + 1)\ Ba + CuO \rightarrow BaO + Cu + n\ Ba_{vapeur}$$

De cette manière, une partie du baryum est brûlée et fournit ainsi la chaleur nécessaire à la vaporisation du reste du baryum. Ce procédé permet de vaporiser environ 25% du baryum vaporisable. Immédiatement après la vaporisation, les particules sont électriquement neutres. Les ions et les électrons se forment par le processus de photoionisation provoqué par la lumière solaire. Ce processus a été abondamment étudié par Haser au cours des dernières années. L'ionisation s'effectue très vraisemblablement avec deux constantes de temps différentes, dont la première est de l'ordre de 1 à 10 secondes et la seconde d'environ 100 secondes. On a de bonnes raisons de penser qu'elle fait intervenir des niveaux d'énergie métastables qui sont immédiatement

occupés. Les expériences se poursuivent pour déterminer le processus exact de cette ionisation, mais il est certain qu'au bout de 100 secondes, tout le baryum neutre se trouve complètement ionisé.

Cette ionisation peut être observée non seulement au spectroscope, mais aussi à l'oeil nu et ceci de deux façons. Le nuage change de couleur par le fait que les raies de résonance du baryum neutre font place à celles du baryum ionisé. D'autre part, le nuage change de forme car, tandis qu'il est neutre, il n'est pas influencé par le champ magnétique terrestre et demeure sphérique tandis que les particules ionisées, capturées par le champ magnétique terrestre lui font prendre, comme nous l'étudierons ci-après une forme de cigare.

4.4. - Expériences effectuées. — Nos premières expériences ont été effectuées au Sahara avec l'aide de la France. Nous avons pu, ensuite, utiliser les possibilités offertes par l'Organisation Européenne pour la Recherche Spatiale (ESRO) pour effectuer des essais en Sardaigne. Dans l'intervalle, les autorités américaines de la NASA se sont intéressées à nos essais et ont mis à notre disposition plusieurs fusées qui ont été tirées depuis la Virginie (Etats-Unis) et le champ de tir de l'ESRO à Kiruna (Suède septentrionale). Enfin, plusieurs tirs ont été exécutés au voisinage du pôle Nord magnétique, depuis la base de Fort Churchill (Canada).

Les fusées employées ont été les modèles français Centaure, Dragon et Rubis, la fusée anglaise Skylark, la fusée canadienne Black Brant et les modèles américains Javelin, Nike-Tomahawk et Nike-Apache. Avec ces fusées, on a atteint des altitudes de 130 à 2000 km. A ces altitudes, on a émis des nuages de baryum qui ont permis de mesurer, outre le champ électrique, différentes caractéristiques de la haute atmosphère sur lesquelles nous ne nous étendrons pas ici. Les fusées ont été tirées au crépuscule, pour que les nuages demeurent, pendant un certain temps, éclairés par le Soleil pendant que le sol était déjà sombre. On distinguait ainsi aisément les nuages, sur fond de ciel nocturne.

4.5. - Comportement des nuages ioniques. — Aussitôt que les atomes de baryum sont ionisés, c'est à dire chargés électriquement, ils sont le siège d'un échange d'énergie avec le champ magnétique terrestre. Tandis que les particules neutres peuvent se disperser dans toutes les directions, les particules chargées électriquement décrivent des trajectoires en spirale autour des lignes de force magnétiques. Théoriquement donc, les ions de baryum ne peuvent pas s'éloigner dans la direction perpendiculaire au champ magnétique, mais seulement se déplacer le long des lignes de force. Le nuage ionisé ne s'étire, par conséquence que dans la direction longitudinale par rapport aux lignes de force, ce qui l'amène à acquérir la forme de cigare dont nous avons déjà parlé. Le grand axe de cet ellipsoïde allongé formé par le nuage se trouve dans la direction du champ magnétique terrestre laquelle se trouve ainsi matérialisée. Dans les expériences susmentionnées effectuées à 2000 km d'altitude, les nuages ioniques ont atteint au bout d'un certain temps une longueur d'environ 3000 km, en indiquant ainsi le champ magnétique à cette distance. Ce nuage a été observé non seulement en Afrique (il s'agissait d'une fusée tirée au Sahara), mais aussi en Espagne, en France, en Suisse, en Autriche et en Allemagne centrale.

Si, outre le champ magnétique, un champ électrique s'exerce sur le nuage ionique, les particules chargées subissent une dérive perpendiculaire à la fois au champ magnétique et au champ électrique. Ceci veut dire que s'il existe un champ électrique dans la haute atmosphère, le nuage ionique est déplacé en bloc perpendiculairement au champ magnétique. Si nous observons, au sol, une dérive du nuage perpendiculaire à son grand axe, c'est à dire au champ magnétique, nous pouvons en conclure qu'il existe un champ électrique dans la haute atmosphère. La vitesse de dérive observée est une mesure directe de l'intensité du champ électrique, tandis que sa direction peut nous permettre d'en déduire celle du champ. Il y a longtemps que l'on prévoyait théoriquement l'existence de ces champs électriques, mais ce sont ces expériences qui ont permis, pour la première fois, de les observer directement.

Une première série de mesures du champ électrique a été effectuée aux latitudes géomagnétiques moyennes. On a observé des vitesses des nuages ionisés d'environ 100 m/s à environ 200 km d'altitude, ce qui correspond à des champs électriques de 1 à 3.10^{-}-- Volt-mètre. Aux latitudes géomagnétiques moyennes, les champs sont généralement dirigés vers le Sud le soir et vers le Nord le matin. Les valeurs observées correspondent aux prévisions théoriques selon lesquelles les courants électriques à ces altitudes sont régis par ce que l'on appelle le système des courants Sq. En particulier, ces mesures tendent à confirmer l'explication de ces courants par la théorie dite de la « dynamo ».

Considérons l'analogie avec un circuit électrique comportant un générateur (dynamo) et une résistance extérieure. Dans la résistance extérieure (R_e), le courant et le champ électrique ont la même direction, alors qu'ils ont des directions contraires à l'intérieur de la dynamo. Les domaines considérés à 5 h et à 16 h correspondent à la résistance interne (R_i), alors qu'à 20 h ils correspondent à R_e. Il est particulièrement intéressant d'effectuer des mesures de champ électrique aux hautes latitudes géomagnétiques, car il s'y présente de fortes variations du champ magnétique, surtout pendant les aurores boréales. Sachant que nous n'avons, jusqu'ici que peu de connaissances sur les phénomènes réels qui s'y déroulent, les mesures de champ électrique y seront fort utiles. C'est pour cette raison que nous avons entrepris l'année dernière toute une série d'expériences dans la zône des aurores boréales. Les champs électriques que nous avons mesurés sont nettement plus importants que ceux qui se présentent aux latitudes géomagnétiques moyennes. Leur ordre de grandeur varie de 2 à 20 V/km. Ils sont dirigés vers le Nord-Ouest le soir et vers le Sud-Ouest le matin. Les variations que l'on observe pendant une aurore boréale sont considérables. Bien que nous disposions déjà d'un nombre considérable de résultats et de mesures, nous n'en sommes qu'aux débuts de nos investigations. Un groupe de chercheurs américains a procédé à quelques tirs de fusées en Amérique et en Norvège pour poursuivre le même genre d'expériences.

4.6. - Perspectives d'avenir. — Le point de départ de nos études était le plasma cosmique, c'est à dire la matière du cosmos. Nous sommes encore loin de comprendre complètement le comportement de cette matière. En effet, nos connaissances sur la physique des plasmas dans ces conditions extrêmes sont encore très incomplètes. Les simulations en laboratoire ne

peuvent être effectuées que sur une échelle très restreinte; par contre, les nuages ioniques permettent de réaliser des expériences beaucoup plus indépendantes de l'environnement terrestre qu'il n'était possible de le faire jusqu'ici: elles peuvent permettre d'aboutir ainsi à des conclusions de valeur quant à la physique des plasmas très raréfiés et ouvrir la voie à une extrapolation raisonnable vers les dimensions cosmiques.

Ces expériences peuvent, de plus, contribuer dans certains cas aux recherches sur les plasmas effectuées actuellement dans un grand nombre de laboratoires. En effet, elles nous permettent d'observer des plasmas qui ne sont pas soumis à l'effet perturbateur des parois. La question de savoir si l'on peut contenir un plasma chaud au moyen d'un champ magnétique est encore à l'heure actuelle l'une de celles qui font l'objet des recherches les plus poussées.

Garching bei München, Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik, Institut für extraterrestrische Physik.

R. Lüst

(Traduit par C. Cardot - Gif-sur-Yvette)

LES FELDSPATHS

Les feldspaths sont les minéraux les plus importants de la croûte terrestre. Ils sont composés d'éléments qui appartiennent aux vingt éléments les plus légers que nous connaissons. Les feldspaths sont les minéraux de base renfermant les éléments potassium, sodium et calcium. En pratique, tout le potassium, tout le sodium et tout le calcium que l'on trouve actuellement dans les gisements de gypse, de sel et de calcaire étaient autrefois contenu dans les feldspaths. La stabilité des feldspaths dans les roches volcaniques, plutoniques et métamorphiques, dépend de leurs propriétés thermodynamiques. La transformation des feldspaths en sols et sédiments récents, sous l'action des agents atmosphériques, tient aux mêmes propriétés. La structure des cristaux de feldspaths nous aide à comprendre leur composition chimique. La formation de feldspaths à des températures élevées ou basses s'explique par la distribution des ions aluminium dans les cases vides du réseau cristallin. Les propriétés de cette structure expliquent également la formation des perthites qui sont des agrégats composés de différents feldspaths en lamelles, ces derniers eux-mêmes issus de la transformation d'un minéral homogène. On trouve de nombreux types d'hémitropie, caractéristiques, dans les cristaux de feldspaths. L'hémitropie d'un cristal est l'altération qu'il a subi par rapport au cristal idéal au cours de sa croissance ou par une déformation due à l'influence de son milieu. Cette altération marque l'origine d'un feldspath. Les types d'hémitropie des feldspaths dans les roches apportent au chercheur un code génétique qui n'a pas encore été complètement exploré. En définitive, l'étude des feldspaths est entreprise pour satisfaire à des raisons pratiques et par curiosité. L'influence de ces minéraux sur l'habitat humain constitue une histoire fascinante et explique l'intérêt que certains d'entre nous portent aux propriétés des feldspaths.

INTRODUCTION. — La principale préoccupation de l'homme sur sa planète est la vie, car il est un être vivant au milieu d'autres êtres vivants. Cette vie emprunte des chemins divers. Pour se maintenir, elle fait appel aux éléments contenus dans les feldspaths qui sont les minéraux les plus importants de la croûte terrestre. Ces derniers sont, de plus, les matières premières de certaines réalisations qui ont modifié, de façon considérable, notre environnement, au cours du temps.

Pour la plupart des lecteurs, le mot « feldspath » évoque vaguement la poterie ou les roches. Un certain nombre de céramistes et de géologues connaissent les propriétés des feldspaths qui sont utiles à leur métier. Il n'est pas nécessaire d'avoir une connaissance fondamentale ou appliquée de ces minéraux pour comprendre leur importance dans la vie de notre planète. Les feldspaths sont des minéraux[1] contenus dans les roches, les graviers, les sables et les argiles. Ils sont composés d'éléments comparativement légers comme l'oxygène, la silice, l'aluminium, le potassium, le sodium et le calcium. Ces derniers font partie des vingt éléments les plus légers parmi la centaine que nous connaissons à ce jour. Les ions de ces éléments sont régulièrement empilés pour former le réseau cristallin spécifique du feldspath. La nature de ces feldspaths sera analysée ci-après, mais nous en donnerons tout de suite un bref aperçu afin de faciliter la compréhension du paragraphe suivant. Les feldspaths appartiennent à la grande famille des minéraux appelés silicates. On les divise en groupes d'après leur composition chimique. Les feldspaths

[1] Le mot: *minéral* est utilisé pour désigner une substance naturelle, cristalline et homogène. L'adjectif « naturel », c'est-à-dire contenu dans la nature, ne s'applique pas à des substances cristallines homogènes telles que le sucre: l'adjectif « cristallin » ne s'applique pas à des solides tels que le verre ou le bitume.

riches en potassium sont les feldspaths alcalins et ceux qui sont riches en calcium sont appelés feldspaths calcosodiques (ou plagioclases).

L'écorce terrestre. — On suppose généralement que la proto-terre s'est formée à basse température (environ 0°C) à partir d'un « nuage » composé de particules et de « matière météorique » sous forme de fragments solides. Dans son état initial, la matiére de la jeune planète était distribuée de façon assez uniforme. Chaque fragment notable du matériau terrestre, que ce soit au centre ou à la surface, avait environ la même densité.

Les éléments radioactifs répandus à l'intérieur de toute la proto-terre sont considérés comme responsables de la transformation de cette sphère homogène en un géoïde feuilleté, tel qu'il est actuellement. Ces éléments provoquèrent une élévation de la température de la planète au cours de laquelle furent atteints, ou même dépassés, les points de ramollissement ou de fusion de certains métaux et de certains silicates. La force gravitationnelle imprima à cette matière fluide un mouvement de haut en bas et de bas en haut. Les éléments pesants, tels que le fer ou le nickel, se regroupèrent vers le centre pour former un noyau lourd. Il s'en suivit que le matériau léger, d'abord dispersé dans toute la proto-planète, fut rejeté à la surface. Ainsi les forces gravitationnelles provoquèrent un état d'équilibre modifiant l'état antérieur de distribution homogène de la matière. Actuellement, la terre est composée de couches concentriques dont les densités sont différentes. Le matériau le plus léger se trouve près de la surface, dans l'écorce. Plus profondément, nous trouvons une couche plus lourde, appelée le manteau et, au centre, un noyau très lourd. Les différences entre les densités de ces couches sont assez grandes ainsi que l'a montré M. Van Bemmelen dans un article déja publié par cette revue (3-4/1966).

La composition de l'écorce actuel est le résultat d'une différentiation provoquée, dans la matière par la température. L'eau qui remplit nos océans a été rejetée à la surface par le mouvement de haut en bas des éléments plus lourds. Ainsi, les roches riches en feldspaths dont sont faits nos continents étaient initialement une petite partie des matériaux indifférenciés qui se sont agglomérés au sein du nuage de « poussière » enveloppant le soleil d'antan.

La composition de l'écorce. — La composition chimique estimée de l'écorce terrestre, telle qu'elle est donnée sur le tableau 1, varie avec le temps Chaque estimation est légèrement différente de celle qui la précède. Il y a neammoins une bonne concordance dans les ordres de grandeur des proportions des éléments les plus importants.

TABLEAU 1

Composition chimique de l'écorce terrestre

Eléments	*Poids %*	*Vol. %*	*Eléments*	*Poids %*	*Vol. %*
Oxygène	46,6	91,8	Calcium	3,6	1,48
Silice	27,7	0,80	Sodium	2,8	1,60
Aluminium	8,0	0,76	Potassium	2,6	2,14
Fer	5,0	0,68	Magnésium	2,1	0,56
			Autres	1,6	0,21

La composition chimique de l'écorce a été calculée à partir des analyses de roches. Par conséquent, elle reflète sa composition minéralogique. Le calcul de cette composition à partir des données du Tableau 1 conduit formalement à 67,4% du poids pour les feldspaths, qui se divise en 18,9% pour les feldspaths alcalins et 48,5% pour les plagioclases.

Les roches de l'écorce sont constituées des minéraux du tableau, assemblés à d'autres minéraux. Les roches se divisent en trois classes principales. Celles qui sont issues des volcans sont appelées roches volcaniques. Les roches sédimentaires sont celles qui ont été originellement déposées au fond de la mer ou des lacs ou celles qui ont été accumulées à la surface des continents par l'action du vent ou de la glace. Les roches déjà formées et situées à une certaine profondeur dans la croûte, et qui sont apparues à la surface sous l'effet de l'érosion, sont appelées roches plutoniques car elles viennent des royaumes infernaux du Dieu Pluton.

Les roches volcaniques sont assez répandues sur la surface des continents, spécialement le long des grands systèmes de fractures continentaux. Ces roches sont riches en plagioclases. Les roches les plus communes des boucliers continentaux sont les gneiss et les granits, roches plutoniques riches en feldspaths alcalins et en feldspaths sodiques. Les sédiments couvrent le fond des océans et les bords des continents. Ils sont moins riches en feldspaths mais contiennent des débris de ces derniers provenant de leur dégradation par les agents atmosphériques.

En définitive, les continents sont protégés des agressions de l'espace par une couche d'air et un épiderme fin, composé des produits de la dégradation atmosphérique, sur lequel les plantes poussent et les animaux vivent. Les propriétés des feldspaths, lorsqu'ils sont présents, participent à la nature des sols; ces derniers, en retour, altèrent considérablement les feldspaths qu'ils contiennent.

LE RÔLE ÉCONOMIQUE DES FELDSPATHS ET DES PRODUITS DE LEUR DÉGRADATION ATMOSPHÉRIQUE. — Le rôle que jouent les feldspaths dans la vie de l'homme ne peut être bien compris qu'au moyen de l'étude de leur comportement face aux agents atmosphériques. Connaître les feldspaths en eux-mêmes n'est pas suffisant; le plus important est peut-être la transformation qu'ils subissent à la surface de la terre.

La dégradation atmosphérique des roches. — On sait que les roches tendent à se modifier dès qu'elles sont exposées à l'influence des agents atmosphériques pendant un temps prolongé. Un vieux batiment révèle souvent son âge par les marques de sa dégradation sous l'influence de l'atmosphère. L'érosion des roches est causée par l'altération de leurs minéraux sous l'influence des diverses propriétés de l'atmosphère. La rétention de l'eau par la plupart des minéraux provoque une oxydation et entraine, entre autres, un changement de volume. Cette variation de volume détruit la cohésion initiale de la roche: elle s'effrite et peut alors être érodée par la pluie ou devenir une sous-couche favorable à la germination des plantes. On trouve les règles d'interprétation de ces faits dans les principes de la Thermodynamique et dans la règle des phases.

Il est possible, sans approfondir ces règles, d'en comprendre les conséquences à partir d'un exemple. Tous ceux qui collectionnent les étains anciens

connaissent l'altération irréversible que subissent ces objets lorsque l'étain blanc devient gris. Les objets en étain sont fabriqués, en coulant, dans un moule, de l'étain liquéfié à une température supérieure à 231°C. L'étain se solidifie à 231°C. Il est alors composé d'un agrégat de cristaux minuscules du type étain blanc, cristaux qui sont stables à une température comprise entre 18 et 231°C. Quand la température est inférieure à 18°C, les cristaux d'étain blanc sont instables. La phase stable à ces températures est l'étain gris. La différence entre l'étain gris et le blanc provient d'une modification dans la disposition des atomes au sein du réseau cristallin. Cette différence dans la structure provoque également l'apparition d'autres propriétés. Le volume spécifique de l'étain gris est supérieur à celui de l'étain blanc. La densité de l'étain blanc (7,31) est supérieure à celle de l'étain gris. (5,75). Par conséquent, les étains placés dans une atmosphère légèrement humide à une température inférieure à 18°C tendent à passer de la phase étain blanc à la phase étain gris. Le changement de volume provoque le fendillement de l'objet.

On peut observer le même processus dans les autres substances cristallines telles que les minéraux. Dans certains cas, la transition d'une phase instable vers une phase stable, s'accompagne d'une rétention plus grande d'oxygène ou d'eau. Finalement, nous connaissons des altérations au cours desquelles le minéral original donne naissance à plusieurs minéraux ou à un minéral nouveau avec addition d'oxygène et d'eau et perte de quelques cations qui sont ensuite chassés de la solution. Un grand nombre de minéraux naissent à des températures et à des pressions qui sont tout à fait différentes de celles qui règnent à la surface de la terre. Par exemple, le point de solidification des laves est compris entre 1.000 et 1.200°C. Au cours de cette solidification, la pression est relativement basse, c'est-à-dire comprise entre un et quelques kg/cm^2. Certaines de ces laves sont constituées de feldspaths. Ces derniers peuvent également former des roches plutoniques en certaines circonstances où les températures sont plus basses (entre 200-600°C) et les pressions élevées. D'un autre côté, si l'on met en solution des sels tels que le métasilicate de sodium et le chlorure d'aluminium, sels disponibles en pharmacie, l'évaporation de cette solution ne provoque pas la formation de cristaux de feldspaths sodiques.

Le raisonnement ci-dessus accrédite le fait selon lequel les feldspaths ne sont pas stables aux températures ambiantes, ou face aux « agents atmosphériques ». Par conséquent, les feldspaths sont susceptibles de dégradation atmosphérique des qu'ils arrivent à la surface de la terre. Les produits de cette dégradation sont nombreux. L'un des plus important est certainement la kaolinite, un type d'argile pour poterie; la transformation en kaolinite implique le départ des cations potassium, calcium et sodium et la rétention de l'eau et de l'oxygène. Les cations sont entrainés par l'eau et on les retrouve quelque part ailleurs dans les gisements de sel et les calcaires.

Il n'est pas surprenant de constater la présence fréquente de produits de la désagrégation atmosphérique des feldspaths, minéraux abondants et très répandus. D'autant que cette dégradation est un phénomène essentiellement irréversible. Cette irréversibilité est due à l'ameublissement du minéral originel suivie de sa transformation en nouveaux minéraux, au lavage des ions contenus en solution par l'eau qui court sur la surface des roches ou à la percolation des matériaux en suspension dans les sols. Finalement, ces ions se retrouvent dans la mer où ils lui communiquent son goût salé et per-

mettent aux huitres de secréter leur coquille. On peut dire que tous les gisements existants de calcaire sédimentaire ont été extraits des plagioclases à un moment ou à un autre du passé. De la même façon, les feldspaths et les micas ont donné naissance aux grands gisements de sel. La plus grande partie du calcium, du sodium et du potassium de notre univers était donc autrefois contenue dans la charpente des feldspaths et il en est de même aujourd'hui.

L'érosion et la dégradation atmosphériques amènent dans la mer un grand nombre d'ions qui sont non seulement du calcium, du potassium et du sodium mais également de l'azote et du phosphore.

Sur le continent, la matière *résiduelle* est enrichie en silice, en aluminium et en fer. Les produits de cette dégradation atmosphèrique de roches feldspathiques forment des concentrations bien connues qui sont les gisements de bauxite et de kaolinite, minerai de l'aluminium et matière première pour les industries de la céramique. De tels résidus sont appelés « concentrations » seulement à cause de leur importance économique. Il est difficile d'attribuer la même importance à d'autres résidus qui, eux, sont le piètre résultat des méthodes de culture extensive pratiquées au cours des siècles. On peut dire que la culture extensive est une érosion accélérée due à l'homme. Il suffit de penser aux terres rouges gaspillées dans les régions tropicales. De telles latérites dénudées couvrent de grandes surfaces en Inde et en Amérique du Sud.

Les feldspaths et l'homme. — J. Tuzo Wilson écrivait récemment dans un article intitulé « La Croûte »: « L'habitat de l'homme - la surface de la terre - est un petit asile tempéré placé dans un vaste univers hostile ». Et encore, nombreux sont ceux qui ont dû lutter au cours des siècles pour assurer leur existence contre un environnement défavorable, et, pour certains, cette lutte fut même une gageure permanente. Les feldspaths furent l'un des moyens qui leur permirent de survivre et d'entamer leur progression vers la société technologique actuelle, en rendant possibles les modifications de l'environnement naturel de ces hommes.

Dans une première phase, les feldspaths apportèrent aux paturages naturels le potassium et les éléments nécessaires à la croissance de l'herbe broutée par le gibier et les troupeaux de l'homme. Ensuite, l'homme commença à labourer et à moissonner: ces activités dépendaient également de la fertilité naturelle du sol.

Au cours de cette phase, l'homme sentit la nécessité de stocker ses récoltes et ses produits laitiers. Les régions forestières lui donnèrent suffisamment de bois pour fabriquer ses habitations et les récipients dont il avait besoin. Ailleurs, c'est le sol qui lui donna la matière première de ses tuiles et de ses récipients. Ces derniers, faits en argile (souvent un produit de la désagrégation atmosphérique des feldspaths contenus dans les roches) furent même meilleurs que ceux qui étaient fabriqués en bois, car, manipulés avec précaution, ils pouvaient se mettre sur le feu. L'utilisateur a même pu les avoir vu cuire accidentellement et entrevoir ainsi toutes les possibilités de la céramique. Cependant, de telles poteries poreuses, bien qu'utilées pour garder l'eau fraiche, dans les pays chauds, n'étaient pas conçues pour contenir les liquides pendant une longue période. L'amélioration des techniques de cuisson permit la fabrication de grès dont les propriétés répondaient à ce besoin.

Le grès est le résultat de la cuisson d'une argile additionnée de sable ou de silex pulvérisé. Sa fabrication était déjà pratiquée en Chine sous le règne

des dynasties Shan et Yin, da 1.700 à environ 1.100 avant Jésus Christ. Il faut remarquer que l'art de la verrerie était connu en Egypte à la même époque. Ce verre était fabriqué à partir de chaux et de soude. Ultérieurement, le commerce se développa sur une grande échelle entre Rome et la Chine, qui étaient alors les deux empires les plus puissants, et la poterie chinoise fut échangée contre le verre égyptien et syrien.

L'emploi du feldspath lui-même, en céramique, n'intervint qu'après la période du grès. L'on vit tout d'abord apparaître une variété de grès fabriquée à partir d'une kaolinite riche en feldspath, dont le gisement était situé dans la province chinoise du Kiangsi. L'on fabriqua ensuite un grès vitrifié qui ressemblait à de la porcelaine. Au cours de la dynastie des T'ang, les techniques d'émaillage furent progressivement mises au point pour parvenir à leur apogée, sous la dynastie des Sung (950 à 1280 après J.C., environ), avec la production du céladon. Ces techniques d'émaillages, expressions artistiques achevées de goût et d'habileté, comportaient l'emploi d'un vernis feldspathique. Les artisans chinois réalisaient ce vernis à partir d'une suspension de « pe tuntse », kaolinite contenant du feldspath, mélangée à des cendres de calcaire, lui même calciné avec des grandes fougères. L'emploi de flux, comme la chaux a, sans doute, été imité des techniques métallurgiques.

Depuis, les feldspaths et les produits de leur dégradation, tels que la kaolinite, ont été utilisé dans l'industrie de la céramique et leurs usages se sont de plus en plus étendus. Le chiffre de la production de feldspath a dépassé en 1964, 1,77 millions de tonnes. Le chiffre comparable pour l'acier est de 447 millions de tonnes. Une tonne de feldspath de première qualité valait environ 20 $ (100 F) en 1963, aux Etats-Unis. Les tonnages de production des feldspaths se répartissent en 56% pour l'industrie du verre, 30% pour les industries de la céramique, 5% pour la fabrication des émaux. D'autres utilisations moins importantes sont la fabrication de lessives décapantes et de dents artificielles.

La nature des feldspaths. — La découverte de la nature d'un certain phénomène est un travail qui prend beaucoup de temps et mobilise de nombreuses personnes menant conjointement leurs recherches. L'histoire de l'étude de ces minéraux devrait d'abord traiter de leur composition chimique et de la morphologie de leurs cristaux. Ensuite devrait suivre l'exposé de leurs propriétés optiques. Finalement, il faudrait faire quelques observations sur leur structure. Heureusement, notre connaissance de la structure cristalline de ces minéraux nous permet d'étudier la nature des feldspaths d'une façon plus compréhensible.

L'unité de structure la plus importantes des minéraux appelés silicates est un ion complexe, de forme tétraédrique. Les quatre sommets de ce tétraèdre sont occupés par un atome d'oxygène; on trouve l'atome de silice au centre. La figure 1, illustre de diverses façons ce tétraèdre.

La silice, élément dont les propriétés sont analogues à celles du carbone, possède quatre électrons de plus. L'oxygène possède deux valences negatives. Par conséquent, l'ion complexe, fait de quatre atomes d'oxygène et d'un atome de silice, possède quatre valences libres. Afin d'obtenir une charge électrostatique neutre, ces ions complexes forment de grandes structures. Le carbone a des propriétés comparables qui sont bien connues et qui conduisent aux gran-

des structures appelées polymères. De nombreux polymères du carbone nous sont familiers, par exemple le nylon pour les bas, le tergal pour les vêtements, et de nombreux autres « plastiques » servant à la fabrication de gobelets, de récipients, de tubes, de roues dentées et de pignons. Les « polymères » de silice, bien que de nature légèrement différente, font également partie de notre vie quotidienne. Par exemple, l'amiante qui est filée et tissée pour faire des objets ignifuges ou le mica qui sert à la fabrication de hublots de fours, d'isolants dans les tubes électroniques ou les fers à repasser.

Dans les silicates, comme dans les feldspaths, un édifice cristallin électrostatiquement neutre ne peut pas être réalisé toujours avec les tétraèdres silice-oxygène seuls. De plus, une partie de la silice est normalement remplacée par de l'aluminium trivalent. Un certain nombre d'ions de métalloïdes tels que le calcium, le sodium, le potassium, le fer et le magnésium doivent obligatoirement s'insérer dans les mailles du réseau cristallin afin d'assurer l'équilibre électrostatique. Il s'ensuit l'existence d'une grande variété de silicates naturels.

La structure des feldspaths. — La structure de l'édifice cristallin des feldspaths fut découverte en 1933 par W. H. Taylor grâce à l'application des méthodes de diffraction aux rayons X. La structure se présente sous l'aspect d'un édifice tri-dimensionnel de tétraèdres d'oxygène au centre desquels sont placés des ions de silice ou d'aluminium; les valences restées libres sont occupées par des ions de potassium, de sodium, de calcium et, plus rarement, de baryum. Cette structure possède une caractéristique fondamentale: elle est composée d'anneaux formés par quatre tétraèdres (voir figure 2). Ces quadrilatères fermés sont reliés en chaines typiques. Le « va et vient » de ces chaines ressemble vaguement à la silhouette d'un mur crénelé. En assemblant de telles chaines côte à côte, nous constatons que les dépressions entrecroisées créent un vide et l'alignement des sommets crée un défilé. Aux passages étroits, les ponts oxygène relient les chaines entre elles; les vides contiennent les cations du calcium, du sodium, du potassium ou du baryum.

La figure 3. illustre la structure du feldspath dépourvu de ses atomes d'oxygène. La torsion réelle de chaque quadrilatère fermé n'est pas montrée sur ce dessin. Les cations de calcium, de sodium et de potassium sont représentés sous forme de sphères. Il y aurait davantage à dire sur la structure de ces minéraux, mais nous attendrons pour celà d'être plus familiers avec leur composition chimique.

La composition chimique des feldspaths. — La composition chimique des feldspaths est une question qui peut être étudiée à partir de l'ensemble des analyses chimiques qui ont été déja effectuées sur ces minéraux. Une interprétation théorique fondée sur les possibilités de la structure raccourcira considérablement l'analyse tout en apportant quelques éclaircissements. L'unité la plus simple de cette structure est le quadrilatère fermé que l'on présume composé de quatre ions de silice entourés par douze ions d'oxygène, Quatre de ces atomes d'oxygène sont communs aux anneaux adjacents, deux forment un pont sur la chaine suivante et les deux autres forment un pont sur les chaines opposées. Le résultat: quatre ions de silice ont quatre atomes d'oxygène et en partagent huit autres avec d'autres ions de silice. Sur les quatre ions de silice nous trouvons huit atomes d'oxygène; soit la formule: Si_4O_8.

Si nous remplaçons l'un des ions de silice contenus dans un anneau par

un ion d'aluminium, il faut compenser la différence entre le nombre de valences des deux métaux. Ceci est fait par l'introduction d'un ion-métal monovalent dans la structure, pour chaque substitution. Cet ion monovalent trouve sa place dans le vide mentionné ci-dessus. De plus, chaque vide est situé au milieu de deux anneaux quadripolaires. Par conséquent, chaque vide doit contenir deux cations. Les ions du potassium et du sodium répondent à ces caractéristiques. Il est évidemment possible de préparer des feldspaths purs, sodiques ou potassiques. Des esprits imaginatifs peuvent penser à l'introduction dans un vide d'un couple potassium-sodium ou à leur insertion respective dans deux vides successifs. La nature produit de tels feldspaths.

Si la substitution d'un seul ion de silice dans un anneau ne nous satisfait pas, nous pouvons essayer de remplacer deux ions de silice par deux ions d'aluminium. Les charges négatives restantes sont au nombre de deux. Par conséquent, il faut ajouter un ion métal bivalent, comme le calcium ou le baryum. Ceci offre au moins une possibilité supplémentaire pour chaque cation. Mais imaginez ce que peuvent faire des esprits spéculatifs. Ils ont mélangé le sodium et le potassium et, avec un mélange nouveau de sodium et de calcium, ils peuvent remplacer ici un seul ion de silice et deux de ces ions quelque part ailleurs; ils peuvent même aller plus loin en imaginant toutes les combinaisons binaires de mélanges de trois ou même de quatre cations.

En fait, les feldspaths naturels montrent que de tels mélanges ne vont pas de soi car il y a quelques restrictions. Ces restrictions pratiques sont dues à la capacité de la structure, car il n'y a pas deux ions qui aient exactement la même grosseur. Ces restrictions proviennent plus ou moins logiquement d'une étude comparative des tailles des divers ions en question. Le Tableau 2 donne ces tailles exprimées en Angströms (1cm = 100.000.000 Å).

TABLEAU 2

Rayons ioniques des éléments contenus dans les feldspaths

Sodium	0,95 Å	Baryum	1,35 Å
Potassium	1,33 Å	Silice	0,41 Å
Calcium	0,99 Å	Aluminium	0,50 Å

D'après ce tableau, il s'ensuit, qu'en remplaçant la silice par l'aluminium, on obtient des tétraèdres légèrement plus grands. Si deux des quatre tétraèdres d'un anneau sont ainsi remplis par de l'aluminium, l'espace restant est légèrement plus petit. Le mélange sodium-calcium ne pose pas un problème d'espace, mais de charge, alors que le mélange potassium et sodium pose un problème d'espace, sans problème de charge. L'existence de feldspaths potassiques purs prouve que le vide est suffisamment large pour s'accommoder de deux ions potassium. Par conséquent, des ions de faible taille comme ceux du sodium et du calcium se trouveront dans un vide assez large et leurs liaisons avec les autres ions seront assez longues. Le raccourcissement de ces liaisons et la légère contraction de ce vide sont obtenus par un gauchissement de la structure ce qui entraine une asymétrie évidente dont nous discuterons ci-dessous.

Ces raisonnements théoriques ont été tirés de conclusions plus ou moins établies, à partir de l'état actuel des mesures réalisées sur les feldspaths et

grâce à la connaissance préalable de ces mesures. Sans connaître ces mesures, les considerations théoriques même ne semblent pas irraisonables.

Dans ce chapitre, nous avons décrit, suivant la théorie, comment l'on pouvait obtenir une famille de feldspaths aux compositions chimiques diverses, en équilibrant le déficit des charges dans les chaines de tétraèdres par l'introduction de métaux dont les ions sont monovalents ou bivalents. Nous avons avancé que les problèmes d'assemblage pouvaient être compensés par un gauchissement de la structure. Les feldspaths naturels présentent les particularités dont nous avons parlé jusqu'à maintenant. Encore ne montrent-ils pas toutes les compositions chimiques que l'on peut déduire de la théorie. Il semble qu'il y ait certaines lacunes dans la filiation supposée des familles. Nous expliquerons ultérieurement ces « combinaisons interdites » dans les feldspaths naturels. Bref, nous pouvons diviser les feldspaths en trois groupes principaux:

LES FELDSPATHS ALCALINS: famille de phases cristallines naturelles dont la composition chimique va du feldspath potassique pur au feldspath sodique pur.

LES PLAGIOCLASES: famille de phases cristallines naturelles chimiquement comprises entre le feldspath sodique pur et le feldspath calcique pur.

LES HYALOPHANES: famille de phases cristallines naturelles chimiquement comprises entre le feldspath potassique pur et le feldspath barytique pur.

Les membres idéaux placés à chaque extrémités de ces familles sont connus sous les noms de:

feldspath potassique, parfois nommé ADULAIRE[1], fréquemment MICROCLINE, ORTHOCLASE et SANIDINE.

Feldspath sodique, appellé ALBITE

Feldspath calcique, appellé ANORTHITE

Feldspath barytique, appellé CELSIAN

Sur le terrain, nous rencontrons pratiquement toutes les compositions chimiques de la famille des feldspaths alcalins; la famille des plagioclases montre certaines lacunes frappantes; la présence du baryum est virtuellement décelée dans chaque feldspath; les feldspaths qui contiennent plus de 2% en poids de BaO sont assez rares et on ne les trouve que dans les dépots de manganèse. Les membres de la famille allant du feldspath calcique au feldspath potassique ont été préparé en laboratoire; il ne semble pas qu'il y en ait sur le terrain. On peut dire la même chose, avec quelques restrictions, de feldspaths dits ternaires qui contiennent une quantité non négligeable de calcium, de potassium et de sodium. La présence de tels feldspaths a déjà été signalée sur le terrain. On ne sait pas grand chose de plus concernant les feldspaths quaternaires. L'étude de ces phases en laboratoire pourrait tenter un étudiant entreprenant. On peut dire la même chose des feldspaths ternaires contenant du baryum, de ceux qui contiennent du fer à la place de l'aluminium (déjà partiellement connus), ou de ceux qui contiennent de l'ammonium ou d'autres métaux alcalins.

[1] Le mot adulaire désigne les cristaux bien formés que l'on trouve dans les géodes ou les druses alpines.

Relations entre les états ordonnés et les états désordonnés. —Depuis le début du dix-huitième siècle, les minéralogistes étaient intrigués par l'existence de feldspaths alcalins de même composition chimique mais de structure différente. Cette différence fut aisément perçue car elle se reflétait clairement dans la morphologie cristalline et cette dernière pouvait être identifiée à l'aide d'un appareillage relativement simple.

Au début du siècle, les pétrographes et minéralogistes pensait que la composition chimique de la famille des plagioclases variait avec continuité lorsque l'on passait du feldspath sodique (albite) au feldspath calcique (anorthite). Par conséquent, ils s'attendaient à ce que la variation des propriétés physiques de ces minéraux fut aussi continue, et spécialement, leurs propriétés optiques, (telles que l'indice de réfraction ou la déviation d'un rayon en fonction de l'orientation cristallographique). On supposait que des graphiques représentant les propriétés optiques en fonction de la composition chimique donneraient, pour chaque propriété, une courbe sans cassures. Ces courbes, une fois établies, furent donc utilisées pour déterminer par voie optique la composition chimique de certains plagioclases.

Tant que le nombre de mesures effectuées sur des minéraux déja connus chimiquement était limité, la théorie semblait vérifiée. Avec le temps, le nombre de mesures augmenta et certaines d'entre elles se révèlerent incompatibles avec la théorie car elles ne se plaçaient pas sur la courbe continue. De telles mesures « douteuses » furent signalées en nombre croissant et de nombreux experts les attribuèrent d'abord à de mauvaises mesures ou à de mauvaises analyses. On pensa ensuite qu'elles résultaient d'hétérogénéités de la structure ou de la composition chimique. Certains aspects de la nature humaine, toujours obnubilée par l'élégance et la simplicité, se révélèrent à cette occasion par la persistance, jusqu'à un passé récent, de l'idée d'une famille continue de plagioclases. Ces partisans de l'hétérogénéité s'appuyèrent sur la supposition que la morphologie cristalline est généralement plus parfaite que la structure du cristal, méconnaissant par là l'expérience que leurs propres maitres avaient acquise en utilisant le bon vieux goniomètre de Wollaston. Dans un article paru en 1965, Alex C. Tobi se prononce catégoriquement contre de telles hétérogénéités.

Au cours des trente dernières années, il devint évident que certaines des propriétés physiques des feldspaths variaient lorsque ceux-ci étaient longuement chauffés. Par ailleurs, les pétrographes et les minéralogistes comprirent progressivement que les feldspaths des roches volcaniques sont différents des feldspaths des schistes et des gneiss métamorphiques. Enfin, après traitement thermique, on s'aperçut, en utilisant les méthodes de diffraction aux rayons X, de la variation des caractéristiques de la structure.

Nous avons expliqué les propriétés structurales des feldspaths par les combinaisons diverses de leur composition chimique. Nous avons étudié le comportement du quadrilatère fermé par rapport aux cations interchangeables du sodium, du calcium et du potassium. Mais nous ne nous sommes pas demandé si les propriétés des feldspaths étaient influencées par la position relative de l'aluminium à l'intérieur de l'anneau quadripolaire. En 1933, Tom F. W. Barth se posa cette question cruciale et répondit: « Dans le réseau du feldspath, la silice et l'aluminium ont tous les deux une coordinance de nombre quatre[1], et la structure n'a pas de caractéristiques telles que l'alumi-

[1] En disant: l'aluminium a une coordinance de nombre quatre, Barth veut dire que l'aluminium est entouré, comme la silice, de quatre atomes d'oxygène.

nium soit obligé de choisir un couple particulier des positions possibles ». Cette phrase a eu, depuis, une influence énorme sur le progrès de la recherche dans le domaine des feldspaths, bien que Barth, lui même, n'ait pas compris entièrement son importance au moment où il l'écrivit.

Cette explication se rapportait uniquement à la différence de symétrie constatée entre les microclines d'une part, l'adulaire et la sanidine, d'autre part. Cependant, la forme de cette explication suggère que les positions préférentielles ne se manifestent pas à toutes les températures, mais à certaines températures seulement. Dix ans plus tard, environ, A. Kohler démontra clairement l'existence de plagioclases de température élevée contenus dans les roches volcaniques et de plagioclases de basse température contenus dans les roches métamorphiques. Plus recemment, des expériences menées en laboratoire montrèrent que le microcline est un feldspath potassique formé à basse température et que la sanidine est un feldspath potassique formé à température élevée. Nous n'étudierons pas le cas de l'adulaire qui relève des spécialistes et au sujet duquel règne encore l'incertitude.

Sur la figure 4, une illustration schématique, d'après Fritz Laves, représente seulement les positions de l'aluminium et de la silice. Une distribution aléatoire de l'aluminium n'influence pas la symétrie optique du réseau. Une distribution préférentielle détruit cette symétrie; d'autant plus que les tétraèdres d'oxygène contenant de l'aluminium au centre ont des dimensions légèrement plus grandes. Il existe des feldspaths naturels présentant ces caractéristiques. Des feldspaths alcalins de roches volcariques, tels que les trachites, ont un plan de symétrie. De tels feldspaths sont appelés sanidine: d'un mot grec signifiant petit madrier; ils se sont certainement créés à une température élevée. Les microclines, feldspaths alcalins asymétriques, se trouvent dans les gneiss, les granits, et les pegmatites. Comme leur nom l'indique, ces microclines sont légèrement gauchis; on suppose que leur genèse s'est effectuée à basse température.

La structure des feldspaths plagioclases est toujours asymétrique et cette asymétrie se retrouve donc dans leurs propriétés optiques. Encore que ceux qui proviennent des roches volcaniques et qui se sont formés à des températures élevées aient des propriétés différentes de ceux que l'on trouve dans les gneiss. Quelle en est l'explication? Là encore, c'est la position préferentielle de l'aluminium dans sa case qui modifie les propriétés résultant d'une position aléatoire.

Les « mesures incompatibles » évoquées ci-dessus sont donc normales. Ces mesures sont vraies et l'erreur est le fait du chercheur qui a supposé que:

« Les feldspaths plagioclases sont une seule famille, structurellement et chimiquement continue ».

On peut être satisfait de cet état de choses tant que le mélange des cations n'est pas porté à l'extrème. Il y a deux séries de feldspaths. Une série désordonnée où la postion de l'aluminium est parfaitement aléatoire et une série ordonnée oú cette position est préferentielle. Ceci explique pourquoi les partisans de la courbe unique pour chaque propriété spécifique des plagioclases sont été induits en erreur: il y avait, en réalité, deux courbes au lieu d'une. Nous savons donc maintenant que leurs difficultés provenaient d'un report de leurs mesures sur une mauvaise courbe.

Si l'on avait pris la peine de reporter sur deux courbes les mesures connues avec certitude, on aurait trouvé qu'un bon nombre d'entre elles épousaient

étroitement leurs courbes respectives à condition d'être placées sur la bonne. Mais un petit nombre de mesures dignes de foi viennent perturber ce schéma: elles ne se placent sur aucune des deux courbes.

Des esprits spéculatifs, déja intéressés par les combinaisons basées sur l'interchangeabilité des cations dans les cases vides de la structure, peuvent s'être immédiatement rendu compte des possibilités offertes par le caractère aléatoire ou préférentiel de la position de l'aluminium. La relation « ordre-désordre » doit également permettre un ordre *mixte*. Il est possible, par exemple, d'envisager le remplacement de 15% des ions de silice présents par des ions aluminium, de préférence dispersés au hasard. En plus des deux séries déja étudiées, on doit s'attendre à l'apparition de feldspaths *plus ou moins ordonnés*. On explique de cette taçon que des feldspaths alcalins ne présentent que des déviations optiques mineures par rapport à la symmétrie idéale et que certains plagioclases trouvent leur place entre les deux courbes ordonnées et continues.

En bref, il y a deux séries de feldspaths polymorphes. L'une est appellée désordonnée, à cause du caractère aléatoire de la position de l'aluminium dans les cases libres du réseau; on trouve généralement ces feldspaths dans les roches formées à haute température comme les roches volcaniques. L'autre série rassemble les feldspaths baptisés ordonnés à cause de la distribution préférentielle de l'aluminium sur les anneaux quadripolaires. On trouve ces feldspaths dans les roches que l'on présume formées à basse température.

Les séries de feldspaths désordonnés possèdent dans le système sodique-potassique, du potassique pur au sodique presque pur, une structure du type sanidine ayant un plan de symétrie. Les séries calco-sodiques désordonnées ont une structure d'ensemble, celle-ci, ayant été étudiée sur une albite chauffée, s'appelle structure du type albite à haute température.

Les feldspaths formés à basse température n'ont pas de plan de symétrie. La famille potassique-sodique va seulement du potassique pur au sodique 25%-potassique 75%. La structure appelée microcline, est la même pour tous. La famille des feldspaths calco-sodiques ordonnés a une structure assez complexe. Certains de ses membres, riches en sodium, ont une structure du type albite-froide. Un petit nombre d'autres ont une structure qui tient à la fois de l'albite pure et de l'anorthite pure et que l'on suppose assez instable car ils sont rarement présents dans la nature. Les membres intermédiaires de cette famille ont une structure qui diffère de celles de l'albite et de l'anorthite pures. On peut la décrire sous la forme d'un empilage de lamelles extrèmement fines de feldspaths sodiques et de feldspaths calciques, lamelles si petites qu'elles sont indécelables, même avec le microscope le plus puissant. On peut représenter ce phènomène d'empilage avec des livres sur une étagère. Imaginez une étagère qui porte 40 livres reliés identiquement et 60 autres livres, reliés de façon différentes. Les 40 représentent des lamelles d'albite et les 60 des lamelles de feldspaths calciques. On peut les ranger de façon homogène mais discontinue en les groupant en ensembles de 2.3.2.3.2.3. ou en ensembles de 4.6.4.6. etc... L'interprétation définitive de ce phénomène naturel n'a pas encore été découverte. Les esprits spéculatifs peuvent encore philosopher à propos de tous les modèles possibles d'empilage; à propos de l'ordonnance des deux types de lamelles; à propos de l'ordonnance que l'on peut imaginer pour la distribution du sodium et du calcium, tout cela est certainement un sujet fascinant.

Une famille continue de feldspaths *plus ou moins* ordonnés semble exis-

ter entre les deux séries de feldspaths formés à basse ou haute température. On trouve les membres de cette famille dans certaines roches et leur fabrication en laboratoire a été réalisée en chauffant des feldspaths formés à basse température jusqu'à un point intermédiaire des températures respectives de formation. Ces feldspaths présentent un degré intermédiaire d'ordonnance, « obliquité intermédiaire » selon le language technique, et sont identifiés plus fréquemment sur le terrain depuis que le perfectionnement des techniques de mesures permet une détermination rapide et aisée de leurs propriétés. Les puissantes méthodes de diffraction aux rayons X sont utilisées pour les feldspaths alcalins; les plagioclases sont caractérisés par leurs propriétés optiques. L'application de la lumière à courte longueur d'onde du laser remplacera, peut-être, ces deux méthodes à l'avenir. On s'attend à ce que le développement des microsondes électroniques apporte quelque lumière sur des problèmes encore inexpliqués.

Perthites, mesoperthites, antiperthites, peristerites. — L'en-tête de ce chapitre ressemble à une incantation magique. C'est le résultat des baptêmes pratiqués, à l'aveuglette, par la science, il y a un siècle, et de leur persistance à notre époque. On y démèle le nom d'une ville nommée Perth, située dans la province du Québec au Canada. En 1843, un minéralogiste du nom de Thomson trouva de l'aventurine, feldspath rouge irisé près de Bathurst et Township, localités situées dans le voisinage de Perth. Ce feldspath est assez riche en sodium et Thomson pensa qu'il s'agissait d'un nouveau minéral. Il l'appella donc perthite. En 1861, D. Gerhard examina ces perthites et découvrit qu'elles se composaient d'un aggrégat lamellaire de feldspaths alcalins et sodiques. Bien que la découverte ait été réfutée le nom persista pour désigner, par la suite, le phénomène des agrégats lamellaires de deux types de feldspaths. Son emploi engendra des noms composés et des adjectifs, tels que cryptoperthites, microperthitiques, antiperthite, mésoperthitique etc...; maintenant, il parsème littéralement les articles techniques sur les feldspaths. L'origine de ces agrégats lamellaires est actuellement connue et leur explication est la suivante.

Le travail expérimental, entrepris depuis le début du siècle sur les plagioclases et les feldspaths alcalins, est encore l'une des activités principales de nombreuses équipes de spécialistes. Le but de leur travail est l'exploration du comportement thermique et de l'isomorphisme. De nombreux travaux dans ce domaine contribuent à notre progrès actuel; la plupart d'entre eux sont dus à Norman L. Bowen, Julian R. Goldsmith et Fritz Laves. Les expérimentateurs suivaient deux directions. Ils préparèrent des verres de composition feldspathique, à partir de produits de laboratoire, et provoquèrent leur cristallisation à l'aide de creusets spéciaux, sous des températures et des pressions élevées, en présence de vapeur d'eau surchauffée. Les produits cristallins furent ensuite examinés à l'aide des méthodes de diffraction aux rayons X et l'on mesura leurs propriétés optiques. Ils prirent également des feldspaths naturels et les soumirent à des épreuves comparables, chaleur, pression, et parfois présence de vapeur d'eau surchauffée. Les produits furent étudiés de la même façon.

Ceci contribua à éclaircir l'origine des agrégats lamellaires[1] de feldspaths découverts à Perth et dans de nombreuses autres localités. En outre, l'on

[1] Ces lamelles sont plus grandes que celles dont nous parlons ci-dessus et elles peuvent souvent être vues au microscope.

parvint à expliquer la genèse des feldspaths dans les roches et les « combinaisons interdites » dont nous parlions ci-dessus.

Le premier résultat que nous allons examiner est celui de l'expérience selon laquelle il est possible de transformer n'importe quel feldspath, même une perthite, et de l'obtenir sous une forme homogène parfaite, désordonnée, en le soumettant à un traitement thermique prolongé, sans même aller jusqu'à son point de fusion. En fait, quelques spécimens sont assez réfractaires et le traitement peut être assez long (des semaines ou même des mois). Si l'échantillon est placé dans un tube métallique hermétique et qu'il est soumis à la pression en présence de vapeur d'eau, la transformation est plus rapide et s'effectue à des températures plus basses. Mais il faut alors un équipement perfectionné pour contrôler si l'échantillon passe par un état de « ramollissement ». Après le traitement, et selon leurs compositions chimiques, les structures sont semblables à celles des sanidines ou des albites à haute température. L'anorthite, feldspath calcique pur, est la seule phase qui ne se conforme pas à cette règle.

Le deuxième résultat se rapporte aux feldspaths perthitiques. Les agrégats lamellaires varient considérablement lorsqu'ils sont chauffés. La structure lamellaire disparait et l'on obtient un feldspaths homogène. Si les perthites sont modérément chauffées, il est possible d'obtenir ce feldspath homogène sans même perturber l'arrangement des phases initiales. En 1937, Edmonson Spencer remarqua que certaines perthites homogénéisées redevenaient ségrégatives par un traitement approprié. J'ai fait accidentellement la même expérience en chauffant une perthite provenant d'un granit de Baveno. Nous étions en train d'étudier des perthites homogénéisées provenant de ce granit, à l'aide de méthodes de diffraction aux rayons X, et avions finalement trouvé un feldspath alcalin partiellement ordonné. Après avoir laissé le four se refroidir, l'échantillon fut enlevé et placé dans un tiroir. Quelques mois après, j'avais besoin d'un échantillon homogénéisé pour faire une comparaison et j'allais le rechercher dans le tiroir. Je ne pu pas m'en servir car il y avait, de nouveau, deux phases qui s'étaient formées par ségrégation.

Le troisième résultat est considéré comme un échec par la plupart de mes collègues. Ils essayèrent de produire des feldspaths qui soient à la fois ordonnés et désordonnés en partant de mélanges de produits chimiques de laboratoire ou de verres fabriqués à partir des mêmes produits. Malgré toutes leurs tentatives, seules des phases désordonnées sortirent de leurs creusets.

Les spécialistes des feldspaths en conclurent que les perthites étaient le résultat d'une ségrégation pendant l'état solide. Le phénomène pouvait être reproduit en laboratoire, à condition d'être accompli avec des perthites homogénéisées. La ségrégation n'a jamais été observée sur des cristaux désordonnés, fabriqués à partir de produits chimiques de laboratoire ou sur des spécimens qui n'étaient pas de nature perthitique auparavant. Comme explication de la ségrégation des produits trouvés sur le terrain, on a déduit des expérience ci-dessus, que les feldspaths originellement homogènes étaient instables dans les conditions de température et de pression qui s'étaient développées après leur cristallisation. De là cette ségrégation qui représentait l'adaptation d'un feldspath d'abord homogène à son nouvel environnement. Voici un exemple qui illustrera celà.

Un volcan produit une lave contenant de la sanidine. Un affaissement de la croûte place cette région au-dessous du niveau de la mer. Cette dernière

envahit le pays. La lave est ensuite recouverte par une couche de sédiments qui croit au cours des âges. Elle est enfouie profondément dans la croûte terrestre et les mouvements de cette croûte peuvent entrainer des élévations de la température et de la pression. Les ions de la structure de la sanidine deviennent mobiles et cette mobilité facilite l'adaptation du cristal à son nouvel environnement. Des feldspaths désordonnés, comme les sanidines, sont instables à ces températures et à ces pressions. Les phases stables sont plus ou moins ordonnées. Les phases ordonnées de cette composition chimique spécifique ne peuvent exister, à cause des problèmes d'assemblage. Il est alors nécessaire que s'opère la séparation en deux phases, l'une riche en sodium, l'autre, riche en potassium. Afin d'arriver à cette distribution des ions, l'aluminium doit être redistribué et le sodium et le potassium doivent rejoindre les lamelles adjacentes en circulant dans la structure aluminium-silice.

La structure des feldspaths est telle que la redistribution de l'aluminium est un processus assez long alors que celle du potassium et du sodium est plus aisée puisqu'ils sont situés dans des cases plus grandes. Par conséquent, l'homogénéisation de ces perthites en laboratoire commence par le sodium et le potassium. Le mouvement des ions dans la structure silice-aluminium-oxygène n'est pas gêné. La production d'une structure désordonnée à partir d'un structure ordonnée est une tâche très ardue qui nécessite beaucoup de temps et des températures élevées.

Récemment, l'étude de plagioclases assez rares, utilisés pour faire des pierres précieuses, révèla qu'elles possèdaient une structure submicroscopique sous forme d'un agrégat lamellaire d'albite et d'oligoclase (plagioclase contenant 10 à 30% de molécules d'anorthite). Les expériences effectuées par Paul H. Ribbe sur ces agrégats lamellaires prouvèrent qu'ils pouvaient aussi être homogénéisés par un traitement thermique. Depuis, l'apparition de cette ségrégation dans les plagioclases a été appellée péristérisation du nom de la péristérite qui est un plagioclase à ségrégation, d'une belle opalescence bleutée, couleur gorge de pigeon ce qui lui donne son nom.

Les mâcles. — Chaque lecteur sait ce que veut dire le mot jumelé: lits jumeaux etc.. En minéralogie et en cristallographie, deux ou plusieurs cristaux jumelés en position inversée l'un par rapport à l'autre, soit en juxtaposition soit en interpénétration, sont appellés mâcles. Ces mâcles apparaissent dans de nombreuses substances cristallines et nous les connaissons bien car, enfants, nous avons tous sucé les cristaux de sucre candi qui se formaient sur un fil de coton.

Une des premières descriptions des mâcles de feldspaths alcalins a été faite par le poète et homme d'état allemand, Johann Wolfgang von Goethe, qui, suivant la mode de son époque, décrivait les collections de curiosités et les lieux pittoresques. Il philosopha également sur le temps, l'origine des couleurs, sur les problèmes géologiques et sur la science en général. Quelques uns de ses travaux sont encore d'actualité et sa description des mâcles de feldspaths alcalins contenus dans les granits de Carlsbad, station thermale à la mode, est vivante et précise. Ces mâcles furent ensuite appellés mâcles de Carlsbad. D'autres types de mâcles portent les noms de localités telles que Baveno, Manebach, Esterel, Roc-Tourné et Scopi.

La thèse latine écrite en 1834 par Gustav E. Kayser est plus importante que la contribution de Goethe en 1807. Dans le compte-rendu de ses observa-

tions sur des cristaux de plagioclase appartenant à la collection privée d'un célèbre cabinet médical de Berlin, Kayser éclaire pour ses lecteurs les règles simples qui président à la formation de l'hémitropie dans les feldspaths. De plus, il décrit tous les types connus d'hémitropie, sauf deux. L'on ne sait pas pourquoi, personne ne lut cette thèse à l'exception de l'un de ses amis, d'autant plus qu'il écrivit un article en allemand tout de suite après, article publié dans les fameuses « Annalen der Physik und Chemie » éditées par J. C. Poggendorff. Un deuxième article, apparement indépendant, écrit par le Russe Ussow et publié à Tomsk en 1910, fut nécessaire pour attirer l'attention des spécialistes sur une liste complète de mâcles feldspathiques. Pour connaitre le travail de Kayser, il fallut attendre sa redécouverte dans une librairie de Zürich, en 1962, par Conrad Burri.

Expliquer en détail la géométrie de tous les mâcles de feldspaths connus nous mènerait trop loin. Cependant, le schéma est assez simple et peut être expliqué à l'aide de tablettes biseautées qui sont les formes les plus primitives des cristaux de feldspath.

Avant d'aller plus loin dans ce sujet, nous pouvons illustrer le principe de l'hémitropie en utilisant deux livres identiques. Un livre est une sorte de tablette bien qu'il ne soit pas, en l'occurence, biseauté. Si nous prenons les deux livres et que nous les plaçons verticalement sur une étagère, leurs tranches étant placées vers nous, ils auront une position identique par rapport à l'observateur. Si ces deux livres représentent deux cristaux de feldpath, ils peuvent représenter ensemble un seul cristal sous chaque rapport. Les deux livres sont hémitropes si nous retournons l'un deux et le replaçons contre l'autre. En se reportant à la figure 5, le lecteur s'apercevra qu'il y a différentes façons de retourner l'un des deux livres. Nous pouvons tourner l'un d'entre eux autour d'un axe perpendiculaire à la face (II), ou selon un axe parallèle à la tranche (IV) ou parallèle au bord horizontal (III). Dans ce cas, nous avons trois axes de rotation et une face de référence. Si nous prenons, par exemple, des boites d'allumettes, il y aura trois faces de référence possibles et trois axes pour chacune de ces faces comme on peut le voir sur la figure 5. Un essai avec les boites d'allumettes donne 9 mâcles possibles.

Dans ce qui précède, nous avons montré une hémitropie avec un axe de rotation et un plan de référence. Le cristal de feldspath possède trois de ces faces qui font également fonction de plans de clivage. Ces trois plans comprennent la tablette biseautée et leurs angles entre eux, sont approximativement de 116°, 90° et 84°. On peut faire des mâcles avec ces tablettes en utilisant les plans comme faces de référence et des axes qui peuvent être perpendiculaires à ces plans. On peut également prendre des axes de rotation parallèles aux bords de la tablette. On forme de cette façon un autre ensemble de mâcles. On peut enfin choisir les perpendiculaires aux bords de la face de référence comme axes de rotation. Tout ceci donne déja un grand nombre de mâcles, sans parler de ceux qui peuvent avoir d'autres faces de référence que les trois que nous venons de décrire.

Dans les feldspaths, les mâcles sont parfois simples, c'est à dire composés de deux cristaux. Cependant, il arrive que le cristal soit composé d'une répétition de mâcles. Ces derniers sont alors souvent appellés mâcles lamellaires ou polysynthétiques bien que ce terme puisse être critiqué. Les mâcles lamellaires sont formés d'un ensemble de cristaux en juxtaposition avec le même axe d'hémitropie et la même face de référence. Afin de vous représenter ces

mâcles lamellaires, prenez les livres de votre bibliothèque et retournez le deuxième livre, le quatrième, le sixième etc... sens dessus dessous, la tranche vers le mur. Un autre type de mâcle lamellaire peut être représenté par des livres dont la tranche est seulement retournée vers le mur et qui occupent des places correspondant aux nombres impairs dans la rangée.

Nous avons représenté l'hémitropie en maneuvrant dans l'espace des livres et des boites. Mais les feldspaths contenus dans les roches n'ont pas l'espace suffisant pour former des mâcles par ce moyen. L'exemple choisi n'explique que la géométrie, mais pas le processus. Afin de l'expliquer, nous pouvons imaginer un filet tendu entre deux perches. On attache des briques à intervalles réguliers sur le filet dont le bord supérieur est lui-même attaché à un fil, comme on peut le voir sur la figure 5. Les contraintes déforment le filet à intervalles réguliers. De telles contraintes provoquent un type particulier d'hémitropie dans les feldspaths dont les mâcles sont alors nommés mâcles nés sous contrainte et leur forme est proche d'un rhomboèdre. D'autres mécanismes comparables provoquent des types d'hémitropie différents.

L'hémitropie est un phénomène naturel. Sa cause peut être un déséquilibre accidentel au cours de la croissance. Elle peut provenir d'une déformation sous la contrainte. Elle peut provenir de la transformation résultant du passage d'une forme désordonnée à une forme ordonnée; spécialement si la forme ordonnée n'a pas la symétrie de reflexion optique de la forme désordonnée. Dans ce dernier cas, le plan d'hémitropie prend plus ou moins la place du plan de réflexion original. En pratique, les feldspaths sans mâcles sont rares. Les chimistes qui fabriquent des cristaux parfaits pour les industries de l'optique et de l'électronique savent combien il est difficile de produire des cristaux sans défauts, c'est à dire sans mâcles, sans petites déviations de leur structure par rapport à la structure idéale et sans petites inclusions.

Par conséquent, la présence dans un feldspath d'un type particulier de mâcle peut apporter au chercheur d'importants renseignements sur les circonstances qui ont entouré la formation du cristal et sur les contraintes qu'il a subi lors de son passage dans le royaume de Pluton. Les mâcles sont un code génétique pour l'étudiant qui en comprend pleinement les causes. Mais nous sommes loin de connaitre en détail les diverses causes des mâcles. Le japonais Masao Gorai a analysé systématiquement la fréquence de divers mâcles. Il en est résulté un système approximatif permettant l'analyse préalable de la genèse de nombreux groupes de roches. Il entraina avec lui de nombreux collègues qui suivirent sa voie et la complètèrent plus en détail. Parmi ceux ci, Alex C. Tobi qui, non seulement perfectionna les règles de Gorai, mais établit des méthodes valables dans tous les cas pour l'identification des mâcles par voie optique.

L'ÉTUDE DES FELDSPATHS. — D'après ce qui précède, il est évident que la recherche sur les feldspaths intéresse beaucoup de personnes, depuis longtemps. Notre curiosité pourrait être satisfaite si nous savions la raison de cette étude et une réponse ne pourrait, au mieux, être formulée qu'en termes généraux: « Parce que les feldspaths sont les minéraux les plus importants de la croûte terrestre ». Et encore, je doute que ce soit la principale motivation de la majorité des chercheurs.

Un grand nombre de ceux qui étudient les feldspaths ont été poussés

par la simple curiosité. C'est certainement là une raison très valable et très honorable. La curiosité oblige à se poser des questions. Ces questions stimulent notre effort pour comprendre. Et il nous faut comprendre, si nous voulons survivre sur cette planète, car cela nous permet de faire ce qu'il faut au moment où il faut. D'autre recherches sur ces minéraux sont entreprises pour résoudre des problèmes pratiques.

Les pétrographes étudient les feldspaths afin d'avoir des informations sur la nature des roches et leur origine. La présence de certains feldspaths peut apporter des renseignements sur les changements du milieu qui ont provoqué la transformation d'un granit en gneiss ou d'une lave en schiste vert (ou greenbeds). Si dans un sol sédimentaire les géologues décèlent des feldspaths formés à haute température ils peuvent en conclure que ce sédiment est, en partie, issu des produits de la désagrégation atmosphèrique des roches volcaniques. Les pédologues s'intéressent à la fertilité des sols. Les sols qui contiennent des cendres volcaniques et des sables récents laissés par les rivières, constituent de bonnes bases de fertilité car ils sont faits de minéraux frais. Au cours de la formation de ce sol, ces minéraux, et parmi eux les feldspaths, donnent à la récolte les quantités suffisantes de macro-éléments importants, comme le potassium, par exemple.

Les ingénieurs des mines étudient les feldspaths afin de perfectionner les méthodes d'élimination de ces minéraux dans les minerais. Ils étudient, en particulier, leurs propriétés tensio-actives afin de calculer les débits qui conviennent à l'élimination de ces feldspaths dans une installation industrielle de flottation. Ils étudient également les propriétés électriques et magnétiques des feldspaths afin de perfectionner d'autres méthodes de séparation. Les spécialistes de l'industrie de la céramique et de l'industrie du verre étudient les combinaisons de feldspaths avec d'autres matériaux afin de perfectionner la fabrication de verres et de céramiques de haute qualité.

Les méthodes d'étude des feldspaths sont aussi nombreuses que les combinaisons de ces derniers dans la croûte terrestre. Ils ont été étudiés optiquement, par les méthodes de diffraction aux rayons X, par des microsondes électroniques, par des méthodes chimiques, par leur rayonnement radioactif, dans des calorimètres, dans des fours, et de bien d'autres manières. Il sont été étudiés par les physiciens, par les chimistes, par les cristallographes, par les minéralogistes, les pédologues, les ingénieurs, les minéralogistes, les céramistes, les verriers, les biologistes et les lapidaires.

Après cette description des usages des feldspaths, de leur importance pour l'agriculture, et de l'importance des produits de leur désagrégation atmosphèrique, il n'est pas exagéré de dire que la vie, et spécialement notre propre vie, serait impossible sans ces minéraux.

Wageningen, Agricultural University, Department of Soil Science.

L. VAN DER PLAS

(Traduit par D. Cardot - Gif-sur-Yvette)

BIBLIOGRAPHIE

BARTH T. F. W., 1934. - *Polymorphic phenomena and crystal structure.* Am. J. Sci., 27 : 273-286.

BOWEN N. L. and TUTTLE O. F., 1950. - The system $NaAlSi_3O_8$-$KAlSi_3O_8$-H_2O. J. Geol., 58 : 489-511.

BURRI G., 1962. - *Gustav Eduard Kayser (geb. 1803) und die Zwillingsgesetze der Plagioklasen.* Schweiz. Min. Petr. Mitt., 42 : 25-36.

DEER W. A., HOWIE R. A. and ZUSSMANN J., 1963. - *Rock-forming minerals. 4 Framework silicates.* Longmans, London, 435 pp.

GAY P. and BOWN M. G., 1956. - *The structures of the plagioclase feldspars. VII. The heat treatment of intermediate plagioclases.* Mineral. Mag., 31 : 306-313.

GOLDSMITH J. R. and LAVES F., 1954. - *Potassium feldspar structurally intermediate between microcline and sanidine.* Geoch. Cosmoch. Acta, 6 : 100-118.

GORAI M., 1951. - *Petrological studies on plagioclase twins.* Amer. Mineralogist, 36 : 884-901.

KIRCHBERG H., 1955. - *Feldspataubereitung.* Montan Rundschau, 3 : 290-293.

KOEHLER A., 1942. - *Die Abhängigkeit der Plagioklasoptik vom vorangegangenen Wärmeverhalten.* Min. Petr. Mitt., 53 : 24-49.

LAVES F. and GOLDSMITH J. R., 1961. - *Polymorphism, order, disorder, diffusion and confusion in the feldspars.* Curs. Conf. Inst. Lucas Mallada, 8 : 71-80.

MARFUNIN A. M., 1962. - *Polevye shpaty - fazovye vzaimootnosheniya, oplicheskie svoistva, geologicheskoe raspredelenie.* Acad. de Sci. USSR, Proc. Inst. de Geol. etc. Tome 78. Trad. Israel Program for Scientific Translations 1966. *The feldspars, phase relations, optical properties and geological distribution.* Olbourne Press London.

MEGAW H. D., 1961. - *Bibliography of papers dealing with structure analysis of feldspars.* Curs. Conf. Inst. Lucas Mallada, 8 : 167.

PLAS L. VAN DER, 1966. - *The identification of detrital feldspars.* Elsevier, Amsterdam, 305 pp.

REINHARD M., 1928. - *A propos de la détermination des plagioclases par la méthode de Fedoroff.* Comp. R. Soc. Phys. Hist. Nat., 40 : 12-15.

RIBBE P. H., 1960. - *An X-ray and optical investigation of the peristerite plagioclases.* Am. Mineralogist, 45 : 626-644.

TOBI A. C., 1962. - *Characteristic patterns of plagioclase twinning.* Norsk. Geol. Tidsskr., 42 (Feldspar volume).

***, 1965. - *On the cause of internal optical scatter in plagioclase and the occurrence of lamellar albite-ala B-twinning.* Am. J. Sci., 263 : 712-718.

CHANGEMENTS DE COULEUR CHEZ LES CRUSTACÉS EN INSISTANT SUR LE CRABE UCA

Le crabe musard, Uca, *est un organisme idéal à utiliser dans les études de changements de couleur. Ce crabe possède quatre cellules pigmentaires tégumentaires différentes ou chromatophores, jaune, blanche, rouge et brun-noir, que l'on peut utiliser dans des études comparatives de leur contrôle hormonal et de leurs réponses aux facteurs d'environnement tels que la lumière et la température. Les rythmes journaliers et de marée du changement de couleur sont une facette supplémentaire importante de la physiologie de ce crabe. En conséquence du rythme journalier les pigments chromatophoriques sont plus dispersés de jour que de nuit. De plus, les crabes montrent une dispersion pigmentaire supplémentaire qui est liée aux temps de marée haute et basse dans leur habitat. A cause de ses fascinants changements de couleur cycliques sous contrôle hormonal, le crabe Uca est un organisme hautement utile aux investigateurs des mécanismes endocrines et des chronomètres biologiques. Le crabe Uca a fourni une portion significative de l'information de base dans ces deux domaines d'investigation.*

La faculté que beaucoup de crustacés ont à changer de couleur a intrigué les chercheurs pendant un certain nombre d'années [1, 2, 3]. De tous les crustacés, le crabe musard, *Uca*, apparaît avoir été utilisé dans davantage de recherches sur les changements de couleur que tout autre. La raison primordiale de l'intérêt étendu pour ce genre, c'est le fait que non seulement il peut changer de couleur, mais qu'il en change d'une façon que l'on peut prédire conformément (a) au temps du jour solaire et (b) aux temps de haute et basse marée dans son habitat. Par conséquent, le crabe Uca ne nous a pas seulement permis d'ajouter à notre information fondamentale la manière dont les changements de couleur se produisent, mais aussi de comprendre les biorythmes plus clairement.

Les changements de couleur chez les crustacés, ainsi que chez tous les animaux dotés de cette faculté, à l'exception des mollusques céphalopodes, sont dus à la dispersion et à la concentration du pigment dans des effecteurs qui ont une ébauche cellulaire fixée et qui sont habituellement hautement ramifiés, spécialement chez les crustacés et les vertébrés à sang froid. Ces effecteurs sont appelés chromatophores. Le crabe Uca possède quatre types de chromatophores, chacun possédant un pigment coloré différent, brun-noir mélanine, rouge, blanc et jaune. Les chromatophores jaunes, cependant, n'ont pas été jusqu'à maintenant le sujet de recherches chez le crabe Uca, parce qu'ils approchent de si près la couleur de l'exosquelette superposé, qu'il est difficile de les observer.

Les chromatophores des crustacés révèlent deux types généraux de réponse physiologique à la lumière, un primaire et un secondaire. La réponse primaire est une réponse directe du chromatophore à la lumière, tandis que la réponse secondaire opère par le truchement des yeux et dans le cas des crustacés elle est véhiculée par des facteurs circulant dans le sang. Les chromatophores des crustacés ne sont pas innervés comme ils le sont chez certains autres animaux.

Réponses à la Lumière et à la Température. — Les deux fonctions les plus importantes attribuées aux chromatophores ce sont la coloration protectrice et la thermo-régulation. La simulation de la teinte du fond doit évidemment mieux adapter le crabe à son auto-protection, ainsi que pour l'attaque. Les chromatophores rouges montrent une réponse étendue au fond [4]. Pendant le jour, le pigment va se disperser de façon presque maximale chez les crabes sur un fond noir et se concentrer de façon presque maximale chez ceux sur un fond blanc. Les mélanophores, cependant, révèlent seulement une faible réponse au fond [5], leur pigment étant seulement légèrement plus dispersé chez les crabes sur un fond noir que sur un fond blanc. La lumière vive va avoir un effect direct (réponse primaire) sur les mélanophores, causant quelque dispersion de la mélanine. Cependant, les rythmes de changement de coloration sont le principal déterminant du degré de la dispersion de la mélanine et non les réponses primaire ou secondaire. Le rythme journalier du changement de couleur est tel que les pigments chromatophoriques sont plus dispersés pendant le jour que de nuit. Les rythmes de changement de couleur seront discutés en détail plus loin.

Les chromatophores blancs présentent un exemple intéressant du type de différence de population que nous allons maintenant commencer à observer dans les études de changements de couleur parmi les crustacés. Le pigment blanc de *Uca pugilator* du territoire de Woods Hole, Massachusetts montre une réponse au fond, étant plus dispersé chez les crabes sur un fond blanc que sur un fond noir, mais l'amplitude de la réponse n'est pas grande [6]. Le pigment dans cette population de crabes va être dispersé au maximum, mais jamais concentré au maximum chez les crabes exposés à une illumination, même aussi faible que 0,09 bougie-mètre. Cependant, à l'obscurité, le pigment blanc de ces crabes peut se trouver concentré au maximum. En revanche, le pigment blanc de *Uca pugilator* de Panacea, Floride, couvre le domaine entier de la concentration maximum à la dispersion maximum sur fonds noir et blanc respectivement [7]. Le résultat des réponses au fond manifestées par ces trois types de chromatophores c'est que les crabes tendent à foncer sur un fond obscur et à blanchir sur un fond clair.

Le degré de dispersion de la mélanine et du pigment blanc en fonction de la température a été aussi déterminé [6]. La mélanine tendait à se concentrer lorsque la température était élevée au-dessus d'environ 15°C. Le pigment blanc, au contraire, tendait à se disperser lorsque la température s'élevait au-dessus de 20°C. Ces changements ont été interprétés comme thermo-régulateurs, parce qu'avec une température s'élevant au-dessus de 15-20°C le pouvoir de réfraction de la surface du corps doit croître lorsque la mélanine se concentre et le pigment blanc se disperse. Le pouvoir de réflection accru doit aboutir à une diminution de l'absorption de l'énergie radiante. Cette hypothèse a été vérifiée en mesurant la température du corps de crabes Uca à l'aide de thermocouples implantés [8]. Lorsque des crabes pâles ayant leur mélanine concentrée au maximum et des crabes sombres ayant leur mélanine dispersée au maximum étaient exposés à la lumière solaire, les crabes pâles demeuraient 2°C plus froids que les foncés. La mesure effective révéla qu'en effet davantage de lumière visible est réfléchie par les crabes foncés que par les crabes pâles. En outre, la différence dans le pouvoir de réflection entre les crabes pâles et foncés était plus grande aux longueurs d'onde les plus longues, qui ont une capacité calorifique plus élevée que ne l'ont les rayons à l'extrémité

violette du spectre. L'hypothèse de Brown et Sandeen [6] que les réponses des chromatophores chez *Uca* aux changements de température sont thermorégulateurs est définitivement étayée par ces découvertes.

Contrôle Hormonal des Chromatophores. — L'endocrinologie des crustacés connut ses débuts dans les études de Koller en Allemagne et de Perkins aux Etats-Unis vers la fin de 1920. Ces chercheurs en employant des crevettes roses et rouges démontrèrent le caractère endocrine du contrôle des chromatophores des crustacés. Ce ne fut, cependant, qu'en 1935 que les chromatophores chez le crabe furent étudiés. Carlson [9] rapporta que l'ablation des pédoncules oculaires conduisait à une concentration en mélanine chez *Uca*, alors que l'injection d'un extrait de pédoncules de l'oeil provoquait la dispersion de ce pigment.

Les recherches de Koller et Perkins incitèrent Hanström à accomplir une série d'études destinées à déterminer les sites d'emmagasinement des chromatophorotropines. Un aspect intéressant de l'endocrinologie des crustacés, c'est le fait que ses bases reposent sur des études physiologiques qui ont été suivies d'observations morphologiques. Au contraire, l'endocrinologie des vertébrés se développa à partir du désir de déterminer la fonction d'un certain nombre d'organes décrits par les premiers anatomistes. Hanström trouva une structure glandulaire dans le pédoncule de l'oeil de nombreux crustacés supérieurs, qu'il baptisa glande sinus à cause de sa proximité avec le sinus sanguin. Chez le crabe musard, la glande sinus est localisée dans le tiers médian du pédoncule oculaire. Des expériences de localisation ont révélé que la glande sinus est une source puissante de chromatophorotropines. Cependant, des études au début de 1950 par un certain nombre de chercheurs ont révélé que la glande sinus ne produit pas elle-même les chromatophorotropines, mais qu'elle est en réalité un organe de stockage et de libération pour les chromatophorotropines produites à la fois dans les pédoncules des yeux et à l'intérieur du corps lui-même. Ces substances sont transportées à partir du corps de la cellule à travers des axones à la glande sinus qui consiste en les terminaisons nerveuses gonflées des cellules neuro-sécrétrices dans lesquelles les hormones sont synthétisées. Les chromatophorotropines se sont avérées être des produits de la neurosécrétion (fig. 1). Une structure de stockage et de libération pour les produits de la neurosécrétion, telle que la glande sinus, a reçu le nom générique d'organe neurohémique. Les organes post-commissuraux qui se trouvent dans le corps lui-même dans la région de l'oesophage comprennent le second système neurohémique des crustacés qui est un site de libération important pour les chromatophorotropines [10]. Chez *Uca pugilator* des nerfs post-commissuraux appariés émergent de la surface antérieure de la commissure tritocérébrale qui git postérieurement à l'oesophage et qui a ses racines dans le connectif circumoesophagien. Chaque nerf passe antéro-latéralement pour aboutir dans un réseau de fibres, les organes post-commissuraux, au voisinage d'un canal veineux dorso-ventral. La proximité de ces organes neurohémiques des glandes sinus semblerait assurer la circulation rapide des hormones après leur libération.

On a maintenant obtenu la preuve d'hormones dispersant et concentrant le pigment pour les chromatophores rouges, les chromatophores blancs et les mélanophores. Comme indiqué ci-dessus, Carlson [9] découvrit une hormone

dispersant la mélanine dans la portion du pédoncule de l'oeil qui contient la glande sinus. Sandeen [11] trouva cette hormone à haute concentration à la fois dans la glande sinus et dans les ganglions optiques qui résident dans les pédoncules des yeux. Cette dernière obtint également la dispersion de la mélanine après avoir injecté des extraits des organes nerveux centraux qui sont localisés dans le corps lui-même. Sandeen nota que les mélanophores paraissaient être capables d'une réponse accrue avec la concentration croissante de l'hormone dispersant la mélanine jusqu'à un certain point, environ 25 unités d'activité avec la méthode de titrage qu'elle utilisa, et toute augmentation supplémentaire de la concentration en hormone ne suscita aucune autre réponse. Elle suggéra alors qu'il y a une limite physiologique à la réponse à cette hormone, en vertu de laquelle les très hautes concentrations ne peuvent pas être estimées directement. Cependant, nous avons, récemment, dans notre laboratoire, trouvé (fig. 2) qu'une préparation d'hormone obtenue par extrations des pédoncules des yeux du crabe, *Uca pugilator*, avec de l'alcool éthylique absolu évoquait à des concentrations plus élevées une réponse beaucoup plus grande que celle obtenue lorsque les pédoncules des yeux étaient extraits directement dans de l'eau physiologique [12, 13]. A la concentration la plus élevée utilisée, l'extrait alcoolique provoqua plus de trois fois le maximum de la réponse suscitée par les extraits aqueux. Les courbes dose-réponse pour les extraits aqueux étaient presque plates pour les domaines de concentration dans lesquels Sandeen travailla, rendant ainsi compte de son impression qu'il y a une limite physiologique à la réponse des mélanophores au moins dans cette espèce de crabe musard. Des expériences sont maintenant en voie dans ce laboratoire pour déterminer pourquoi les préparations obtenues en extrayant d'abord les tissus dans l'alcool sont tellement plus actives aux concentrations supérieures que ne le sont les extraits préparés directement dans la solution isotonique.

La preuve de l'existence d'une hormone concentrant la mélanine a été plus difficile à obtenir parce qu'aucun des extraits qui ont été préparés par trituration de tous les tissus n'a conduit à une plus grande concentration de la mélanine qu'elle n'est produite par l'eau physiologique seule à la suite de son injection chez des animaux foncés. Cependant, un certain nombre de chercheurs avaient postulé l'existence d'une hormone concentrant la mélanine, parce que les résultats de leurs expériences pouvaient être expliquées beaucoup plus simplement en supposant que le blanchiment était dû à une telle substance plutôt qu'à la disparition de l'hormone dispersant la mélanine du sang. Par exemple, Webb, Bennett et Brown [14] ont trouvé que les extraits dilués de pédoncules des yeux étaient plus efficace à disperser la mélanine des crabes sans pédoncules oculaires durant le jour que de nuit. Afin d'expliquer cette observation, ces derniers postulèrent un rythme quotidien pour l'hormone concentrant la mélanine, en conséquence duquel il y avait davantage d'hormone dans le sang la nuit que le jour. Ce rythme de l'hormone concentrant la mélanine est en accord avec le rythme journalier de la migration de la mélanine, lors duquel le pigment est plus dispersé durant le jour que la nuit. L'existence d'une hormone concentrant la mélanine fut établie de deux manières. Après qu'on a enlevé les pattes foncées d'un crabe, la mélanine dans ces pattes isolées se concentre lentement. Une substance concentrant la mélanine accélérerait ce processus et une substance dispersant la mélanine l'inhiberait. Du sang provenant de crabes pâles fut perfusé à travers les pattes isolées et l'on trouva en effet que ces pattes devenaient plus pâles que les accessoires du con-

trôle [15]. Plus récemment, des extraits des connectifs circumoesophagiens ont été soumis à l'électrophorèse sur papier et titrés de semblable façon sur des pattes foncées isolées. L'élution de portions de la bande du papier d'électrophorèse révéla la présence à la fois des substances dispersant et concentrant la mélanine. (fig. 3).

Chez les crabes *Uca* sans pédoncules oculaires, le pigment rouge est concentré, exactement comme l'est la mélanine. Les glandes sinus et le système nerveux central contiennent deux substances qui activent le pigment rouge, l'une le concentre et l'autre le disperse. Le pigment blanc, d'autre part, chez les crabes musards sans pédoncules oculaires, de Woods Hole, se trouve dispersé uniformément de manière maximum. Au contraire, chez les crabes sans pédoncules oculaires Panacea, on peut trouver le pigment blanc à tous les stades, de celui de dispersion maximum à celui de concentration maximum. Utilisant des crabes de Woods Hole sans pédoncules oculaires, Sandeen [11] trouva une hormone concentrant le pigment blanc. Une série d'expériences en employant *Uca pugilator* récolté à Panacea, Floride, a été récemment projetée pour déterminer si ce crabe en fait possède à la fois des substances concentrant le pigment et des substances dispersant le pigment, pour le pigment blanc, ainsi que cela a été trouvé pour la mélanine et le pigment rouge [7]. L'hormone concentrant le pigment blanc a été titrée sur des individus dépourvus de pédoncules oculaires, dont le pigment blanc était dispersé au maximum. Le dosage d'une substance dispersant le pigment blanc était faisable parce que chez les crabes de Panacea, contrairement aux crabes de Woods Hole, ainsi que noté ci-dessus, le pigment blanc se trouve concentré au maximum après que l'on a exposé les crabes à un fond noir. Des extraits de glandes sinus, des ganglions optiques, des ganglions supra-oesophagiens, et des ganglions thoraciques préparés directement dans la solution physiologique ne suscitèrent que la dispersion du pigment blanc. Les connectifs circumoesophagiens, d'autre part, ne provoquèrent que la concentration de ce pigment. Le fractionnement par l'acétone de ces tissus révéla que les connectifs circumoesophagiens ne contenaient que cette seule substance, alors que les autres contenaient les deux substances; la fraction soluble dans l'acétone déterminait la concentration du pigment blanc, tandis que la fraction insoluble dans l'acétone renfermait le matériel dispersant le pigment blanc.

Le problème qui se posa immédiatement en considération de l'existence avérée de substances dispersant et concentrant les pigments pour chacun de ces trois types de chromatophores, ce fut de savoir si chacun possédait sa propre paire d'hormones fonctionnant de façon antagoniste ou si, par exemple, l'hormone dispersant la mélanine et l'hormone dispersant le pigment rouge étaient une même et seule substance. Il est très improbable que les hormones dispersant la mélanine et dispersant le pigment blanc soient en fait une substance unique parce que, ainsi qu'établi ci-dessus, les connectifs circumoesophagiens ne laissèrent apparaître aucun indice quant à leur teneur en hormone dispersant le pigment blanc [7], mais en revanche, ils contiennent l'hormone dispersant la mélanine [11]. Sandeen [11] en avait conclu dans son étude qu'une grande quantité d'hormone dispersant la mélanine réprimait l'expression de l'hormone concentrant le pigment blanc. En conclusion des expériences dans lesquelles des extraits consistant en combinaisons d'hormone dispersant la mélanine, d'hormone dispersant le pigment blanc, et d'hormone concentrant le pigment blanc ont été titrées, nous [7] avons conclu qu'une explication plus probable

de la réponse abaissée à l'hormone concentrant le pigment blanc que Sandeen observa, lorsque une grande quantité d'hormone dispersant la mélanine était présente, c'est que l'antagonisme se situe entre les substances concentrant et dispersant le pigment blanc. La relation qu'elle observa entre le taux de concentration du pigment blanc et la quantité d'hormone dispersant la mélanine dans l'extrait n'était apparemment qu'une pure coïncidence.

L'identité possible des hormones dispersant la mélanine et dispersant le pigment rouge a également été examinée, et ce sont des substances différentes [16]. On a répondu à la question clairement en faisant passer des extraits de pédoncules de l'oeil de *Uca pugilator* sur des colonnes de gel de Sephadex G-25 et en testant les fractions pour la présence de substances dispersant la mélanine, dispersant le pigment rouge, et concentrant le pigment rouge. On obtint des fractious qui contenaient une grande quantité de substance dispersant la mélanine et virtuellement rien du matériel dispersant le pigment rouge. Le dosage de l'hormone concentrant le pigment rouge a été accompli afin d'apprendre si la faible réponse à l'hormone dispersant le pigment rouge était due peut-être non pas à l'absence de cette dernière, mais à une grande quantité de l'hormone concentrant le pigment rouge, qui aurait pu l'antagoniser et réprimer son expression. Lorsque les réponses à l'hormone concentrant le pigment rouge ont été comparées avec les courbes standard dose-réponse, il devint clair que l'antagonisme n'était pas une explication. Un extrait non fractionné de pédoncules oculaires peut produire de fortes réponses à la fois aux hormones dispersant et concentrant le pigment rouge chez les animaux correspondants convenables pour le titrage. Le dosage de l'hormone dispersant le pigment rouge est effectué chez des crabes dépourvus de pédoncules oculaires ayant leur pigment concentré au maximum, tandis que le titrage de l'hormone concentrant le pigment rouge est accompli sur des crabes intacts dont le pigment rouge est dispersé au maximum.

Encore que l'on ait su pendant un certain nombre d'années que des extraits de tissus contenant de la chromatophorotropine, provenant de la crevette rouge, *Palaemonetes vulgaris*, et du crabe musard, *Uca pugilator*, recélaient une substance dispersant la mélanine pour le crabe musard (*Palaemonetes* manque de mélanophores) et une hormone concentrant le pigment rouge pour *Palaemonetes*, ce n'est que récemment qu'une étude a été réalisée [16] pour déterminer si oui ou non les substances qui concentrent et dispersent le pigment rouge chez *Uca* sont les mêmes que celles qui se manifestent chez *Palaemonetes* que l'on sait aussi avoir les deux substances au moins pour ses propres chromatophores rouges. On ne savait même pas si les hormones de *Palaemonetes* allaient activer le pigment rouge chez *Uca*. Les titrages d'un certain nombre de tissus des deux espèces l'une sur l'autre révèlèrent bientôt que, bien que le crabe et la crevette rouge tous les deux possédent bien des substances qui dispersent la mélanine chez *Uca*, dispersent le pigment rouge chez les deux espèces, la substance présente dans un extrait préparé à partir des organes de l'une ou l'autre espèce qui était efficace à concentrer ou à disperser le pigment rouge de la crevette rouge, était différente de la substance dans le même extrait qui avait le même effet qualitatif sur le pigment rouge du crabe (Tableau I). Par rapport aux extraits préparés à partir des tissus de *Palaemonetes*, la commissure tritocérébroïde ne détermine aucune dispersion du pigment rouge dans l'une et l'autre espèce, alors qu'un extrait de la glande sinus n'a virtuellement aucune capacité à disperser le pigment rouge de *Palaemonetes*,

mais a un fort effet chez *Uca*. Nous pourrions conclure de ces observations que la substance qui disperse le pigment rouge chez *Uca*, pourrait ne pas être l'hormone dispersant le pigment rouge chez *Palaemonetes* elle-même. De semblable manière, l'extrait de cordon nerveux abdominal de *Palaemonetes*

TABLEAU I

Valeurs de l'activité chromatophorotropique d'extraits fraîchement préparés. PRPCH, hormone concentrant le pigment rouge de *Palaemonetes*; PRPDH, hormone dispersant le pigment rouge de *Palaemonetes*; URPCH, hormone concentrant le pigment rouge chez *Uca*; URPDH, hormone dispersant le pigment rouge chez *Uca*; UMDH, hormone dispersant la mélanine chez *Uca*.

Espèces « donneurs » et extraits utilisés	*PRPCH*	*PRPDH*	*URPCH*	*URPDH*	*UMDH*
Palaemonetes vulgaris					
Glandes sinus	14,9	0,3	9,2	15,4	24,7
Ganglions supraoesophagiens	6,2	4,9	10,7	4,8	10,0
Commissures tritocérébroïdes	12,5	0,0	18,1	0,0	5,2
Cordons nerveux abdominaux	0,4	6,1	9,2	5,2	13,9
Uca pugilator					
Glandes sinus	19,6	1,4	9,4	11,6	25,2
Ganglions optiques	16,6	1,3	4,4	21,8	25,0
Ganglions supraoesophagiens	7,1	4,7	4,5	9,0	15,8
Connectifs circumoesophagiens	1,9	3,1	8,2	1,4	4,1
Ganglions thoraciques	6,6	6,9	12,5	11,6	21,6

produisit davantage de dispersion du pigment rouge chez *Palaemonetes* que ne le fit aucun autre de ses tissus, mais il ne fut environ qu'un tiers aussi efficace à disperser le pigment rouge de *Uca* que ne le furent les glandes sinus de *Palaemonetes* lesquelles, comme établi, n'avaient virtuellement aucun effet dispersant sur le pigment rouge chez *Palaemonetes*. On montra que ces différences n'étaient pas dues à des quantités différentes de l'hormone concentrant le pigment rouge. Semblablement, la substances dans les tissus de *Palaemonetes* qui concentre son pigment rouge n'est pas la même substance qu'il possède qui concentre le pigment rouge chez *Uca*. C'est la seule explication plausible pour le fait que, dans le tableau I, les glandes sinus sont beaucoup plus efficaces à concentrer le pigment rouge de *Palaemonetes* que son cordon abdominal, mais les deux tissus étaient également efficaces à concentrer le pigment rouge chez *Uca*.

Les mêmes conclusions nous sont imposées lorsque nous examinons les chiffres pour les tissus de *Uca* (Tableau I). Par rapport à la dispersion du pigment rouge, on a trouvé que les extraits des ganglions supraoesophagiens et des connectifs circumoesophagiens avaient des effets dispersants similaires sur le pigment rouge de *Palaemonetes*, mais les ganglions supraoesophagiens étaient beaucoup plus efficients à disperser le pigment rouge de *Uca* que ne l'étaient les connectifs circumoesophagiens. Par rapport à la concentration du pigment rouge, des extraits des ganglions optiques et des ganglions supraoesophagiens avaient essentiellement le même effet sur *Uca*, mais étaient différents d'une manière significative lorsque testés sur *Palaemonetes*. Un examen ultérieur du Tableau I révèle même plus d'exemples pour soutenir la conclusion que les substances chez *Uca* qui agissent sur son pigment rouge sont différentes de celles qui agissent sur le pigment rouge chez *Palaemonetes* et que la même chose est vraie des substances trouvées chez *Palaemonetes*.

Rythmes du Changement de Couleur. — Comme nous l'avons mentionné dans l'introduction, le crabe musard montre des rythmes de changement de couleur qui ont attiré l'attention de plusieurs chercheurs, le plus éminemment de F. A. Brown, Jr., et ses élèves. Cependant, le rythme journalier de changement de couleur, selon lequel les pigments chromatophoriques sont plus dispersés le jour que la nuit, fut observé d'abord par Abramowitz [17].

La plupart des observations sur le changement rythmique de couleur se sont rapportées aux mélanophores. L'une des études fondamentales (pour une série complète de références voir [1, 2, 3] ce fut la démonstration que la fréquence des rythmes diurnes de changement de couleur n'est pas affectée par des changements de température dans le domaine de 6-26°C. Cependant, l'amplitude était affectée, étant diminuée aux températures inférieures. Le rythme quotidien peut connaître directement un déplacement de phase par des stimuli lumineux appropriés. Par exemple, le renversement du rythme est accompli en gardant les crabes en illumination renversée, dans l'obscurité le jour, et illuminés la nuit, pendant environ une semaine.

Webb, Bennett et Brown [14], ainsi que mentionné antérieurement, ont trouvé que des crabes musards sans pédoncules oculaires étaient plus sensibles de jour que de nuit, à un extrait contenant l'hormone dispersant la mélanine et ils postulèrent que leur constatation était due à la libération d'hormone concentrant la mélanine dans le sang, la nuit, au moment où le rythme diurne chez les crabes intacts exigeraient une concentration de la mélanine. Cette hypothèse a été vérifiée [10] en prenant des crabes musards de Woods Hole sans pédoncules oculaires, dont la mélanine apparaissait être en permanence concentrée au maximum et en implantant des glandes sinus dans leur corps de manière à déterminer si en fournissant de l'hormone dispersant la mélanine cela résulterait dans la réapparition du rythme, lorsque l'hormone dispersant la mélanine diffusait lentement des glandes implantées et se trouvait antagonisée par le titre prétendûment fluctuant de l'hormone concentrant la mélanine. La mélanine des crabes sans pédoncules oculaires se dispersait bien pendant le jour, puis blanchissait pendant la nuit, et se redispersait le lendemain. Ces observations non seulement étayaient l'hypothèse de Webb, Bennett et Brown, mais elles montrèrent aussi que le rythme diurne de la dispersion de la mélanine pouvait être restauré chez les individus sans pédoncules oculaires. L'hormone concentrant la mélanine était très vraisemblablement libérée par les organes post-commissuraux chez ces crabes sans pédoncules oculaires, l'organe neuro-hémique restant réputé contenir les chromatophorotropines.

Il existe une suggestion dans la littérature qu'au moins occasionnellement la mélanine des crabes sans pédoncules oculaires présente une fluctuation périodique de faible amplitude, alors que de façon typique la mélanine des crabes musards sans pédoncules oculaires demeure de manière permanente concentrée au maximum, mais aucune donnée pour la soutenir n'avait été publiée. Dans un effort pour clarifier cette question, le problème a été récemment exploré en profondeur chez *Uca pugilator* de Floride [18]. Les crabes musards sans pédoncules oculaires montrent bien en effet un rythme journalier de changement de couleur au moins durant quelques-unes, mais non toutes, les périodes de l'année. Des groupes de crabes ont été receptionnés dans ce laboratoire, leurs pédoncules oculaires excisés, et leurs chromatophores observés grossièrement à des intervalles de un mois pour la période de Octobre 1963 jusqu'à Janvier 1965. Des rythmes statistiquement significatifs ont été ob-

servés pendant Octobre, Novembre et Décembre 1963 et Janvier, Février, Avril, Juin, Septembre, Octobre et Novembre 1964. Cependant, le rythme chez les crabes dépourvus de pédoncules oculaires ne persista pas, contrairement à la situation chez les crabes intacts. Après trois jours, la mélanine de ceux sans pédoncules se trouva progressivement plus concentrée, avec pour conséquence que, vers le huitième jour, la mélanine resta concentrée à tous les moments de la journée. D'autres recherches sont nécessaires pour déterminer pourquoi un tel rythme ne se produit pas toujours lorsque les pédoncules oculaires sont tout d'abord enlevés.

Des crabes isolés par individu ont été utilisés pour les observations en Octobre, Novembre et Décembre 1963. Ce procédé permit une analyse détaillée des données pour les crabes isolés tout au long de la période quotidienne d'observation. Le rythme chez les crabes isolés est circadien. La période moyenne pour les crabes intacts exposés à une illumination a été de 23,8 heures et de 23,3 pour les crabes sans pédoncules oculaires. La différence entre ces moyennes n'a, cependant, pas été statistiquement significative ($p = 0,1$). Tout à fait intéressante a été la découverte que le nombre de cycles observés parmi les crabes intacts, qui avaient une période de 24 heures, était au moins deux fois aussi grand que le nombre pour toute autre période, mais parmi les crabes sans pédoncules oculaires, des périodes de 23 heures et 24 heures étaient également communes. Apparemment, l'exérèse des pédoncules des yeux aboutissait à un abaissement dans la précision du rythme parmi les crabes individuels, encore que la moyenne pour la population sans pédoncules oculaires montra la déviation sans signification statistique de seulement 0,5 heure sur le groupe intact.

Une autre observation intéressante qui se dégagea, c'est que le moment du jour où les pédoncules oculaires étaient enlevés avait un effet subséquent sur l'amplitude du rythme. La fluctuation journalière de la mélanine était plus grande chez les crabes dont les pédoncules oculaires avaient été excisés à midi qu'à minuit (fig. 4).

Les crabes musards montrent aussi un rythme de marée du changement de couleur qui se superpose au cycle diurne et qui se manifeste par une dispersion supplémentaire de la mélanine pendant le jour, 1-3 heures après la marée basse chez les crabes musards vivant sur une plage avec des marées semi-diurnes [19]. Chez les crabes musards vivant sur un rivage avec des marées diurnes, la dispersion supplémentaire se produit en association avec à la fois les marées haute et basse. Un rythme semi-lunaire est aussi apparent lorsqu'on analyse les diagrammes journaliers de la dispersion du pigment, à cause de l'interaction des rythmes de 24 heures et de marée (12,4 heures). Ce n'est qu'une fois tous les 14,8 jours que ces deux rythmes répètent la même relation de phase l'un avec l'autre (fig. 5).

Les différences de phase entre les rythmes de marée des crabes musards recueillis dans des rangs limités de trous dans différentes régions de la zone intermarées ont été observées à 20. La différence de phase s'accorde de façon très étroite avec le temps nécessaire à l'eau refluante pour passer d'une série particulière de trous sur le rivage à un groupe plus proche de la limite de marée basse. Les crabes vivant au voisinage de la limite de marée haute ont la liberté de sortir de leurs trous et de se nourrir plus tôt, le jour, que ne l'ont les crabes dans les trous près de la limite de marée basse. Le moment de la dispersion pigmentaire de marée supplémentaire a lieu plus tôt dans le jour pour les

crabes vivant près de la ligne de marée haute que pour les crabes dont les trous sont plus bas sur la plage. Il apparaît alors que la phase du rythme de marée relatif au rythme diurne est fixée primairement, en conformité avec le temps pendant lequel l'étendue est découverte par l'eau se retirant, et non par le temps de marée basse réelle sur la plage.

Problèmes pour des Recherches futures. — Un certain nombre de problèmes fondamentaux concernant le processus du changement de couleur chez les crustacés en général et chez les crabes musards en particulier restent à résoudre. Au niveau cellulaire se situent des domaines relativement non explorés tels que le mécanisme de la migration des pigments ou sur la manière dont le pigment se déplace réellement, la source d'énergie pour la migration (ATP?), et si de l'énergie est nécessaire à la fois pour la dispersion et la concentration du pigment ou seulement pour l'un des processus. Les chromatophorotropines doivent être purifiées et caractérisées chimiquement. Le mécanisme d'action des chromatophorotropines a besoin d'être élucidé. Un cation monovalent tel que le sodium, potassium ou lithium est nécessaire à la réponse maximum des mélanophores à l'hormone dispersant la mélanine [21]. Cette observation nous conduit en considération des études des axones à prendre en examen la possibilité que ces substances exercent leur action sur la membrane cellulaire et la réponse est déclenchée comme la conséquence du flux d'ions. Le mécanisme par lequel l'horloge biologique du crabe musard est capable de jalonner avec une précision si remarquable les périodes diurnes et de marée est encore une affaire de recherches intensives. Une vue très intéressante sur ce problème a été obtenue en conduisant des crabes pendant l'intervalle d'une période de 24 heures de Woods Hole, Massachusetts, à Berkeley, Californie [22]. On nota que les crabes à Barkeley ne révélaient aucune tendance à dériver des animaux contrôle conservés à Woods Hole pendant les six jours d'observation, démontrant par cela que le rythme a au moins une composante endogène. L'existence avérée de différentes chromatophorotropines pour le pigment rouge de *Uca* et *Palaemonetes* [16] souligne la nécessité d'une caractérisation chimique de ces substances. Au moins, les hormones dispersant le pigment chez le crabe musard apparaissent être des peptides. Il est possible que les chromatophorotropines des crustacés aient évolué à partir d'un peptide unique chez le crustacé ancestral, mais dans l'évolution des peptides jusqu'à leur état présent, des substitutions et des additions d'amino-acides ont eu lieu qui ont imparti une spécificité d'action. Il sera intéressant d'apprendre, une fois que les structures des chromatophorotropines auront été élucidées, quel taux exact de variation est nécessaire pour impartir une telle spécificité.

New Orleans, Tulane University, Department of Biology.

M. Fingerman

[1] Cette recherche de l'auteur a été subventionnée par le crédit GB-5236 de la National Science Foundation.

(Traduit par B. Bizzini - Neuilly-sur-Seine)

BIBLIOGRAPHIE

[1] FINGERMAN M.: *Tidal rhythmicity in marine organisms.* Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol. 25 : 481-487, 1960.

[2] FINGERMAN M.: *The Control of Chromatophores.* New York, Pergamon, Macmillan, 1963.

[3] FINGERMAN M.: *Chromatophores.* Physiol. Revs. 45 : 296-339, 1965.

[4] BROWN F. A. JR.: *Studies on the physiology of Uca red chromatophores.* Biol. Bull. 98 : 218-226, 1950.

[5] BROWN F. A. JR. and M. N. HINES: *Modifications in the diurnal pigmentary rhythm of Uca effected by continuous illumination.* Physiol. Zool. 25 : 56-70, 1952.

[6] BROWN F. A. JR. and M. I. SANDEEN: *Responses of the chromatophores of the fiddler crab, Uca, to light and temperature.* Physiol. Zool. 21 : 361-371, 1948.

[7] RAO K. R., M. FINGERMAN and C. K. BARTELL: *Physiology of the white chromatophoresin the fiddler crab, Uca pugilator.* Biol. Bull. 133 : 606-617, 1967.

[8] WILKENS J. L. and M. FINGERMAN: *Heat tolerance and temperature relationships of the fiddler crab, Uca pugilator, with reference to body coloration.* Biol. Bull. 128 : 133-141, 1965.

[9] CARLSON S. P.: *The color changes in Uca pugilator.* Proc. Nat. Acad. Sci. 21 : 549-551,1 1935.

[10] FINGERMAN M.: *Neurosecretory control of pigmentary effectors in crustaceans.* Amer. Zool. 6 : 169-179, 1966.

[11] SANDEEN M. I.: *Chromatophorotropins in the central nervous system of Uca pugilator, with special reference to their origins and actions.* Physiol. Zool. 23 : 337-352, 1950.

[12] FINGERMAN M., K. R. RAO and C. K. BARTELL: *Is there a physiological limit to the response in Uca to the melanin-dispersing hormone?* Biol. Bull. 133 : 448, 1967.

[13] RAO K. R., C. K. BARTELL and M. FINGERMAN: *Relationship between the response of melanophores in the fiddler crab, Uca pugilator, and the concentration of eyestalk extract.* Zeit. vergl. Physiol. 56 : 232-236, 1967.

[14] WEBB H. M., M. F. BENNETT and F. A. BROWN JR.: *A persistent diurnal rhythm of chromatophoric response in eyestalkless Uca pugilator.* Biol. Bull. 106 : 371-377, 1954.

[15] FINGERMAN M.: *Black pigment concentrating factor in the fiddler crab.* Science. 123 : 585-586, 1956.

[16] FINGERMAN M. and E. F. COUCH: *Differentiation of chromatophorotropins from the prawn, Palaemonetes vulgaris, and the fiddler crab, Uca pugilator.* Jour. Exper. Zool. 165 : 183-194, 1967.

[17] ABRAMOWITZ A. A.: *The chromatophorotropic hormone of the Crustacea: standardization, properties and physiology of the eye-stalk glands.* Biol. Bull. 72 : 344-365, 1937.

[18] FINGERMAN M. and Y. YAMAMOTO: *Daily rhythm of melanophoric pigment migration in eyestalkless fiddler crabs, Uca pugilator.* (Bosc.). Crustaceana. 12 : 303-319, 1967.

[19] BROWN F. A. JR., M. FINGERMAN, M. I. SANDEEN and H. M. WEBB: *Persistent diurnal and tidal rhythms of color change in the fiddler crab, Uca pugnax.* Jour. Exper. Zool. 123 : 29-60, 1953.

[20] FINGERMAN M., M. E. LOWE and W. C. MOBBERLY JR.: *Environmental factors involved in setting the phases of tidal rhythm of color change in the fiddler crabs Uca pugilator and Uca minax.* Limnol. and Oceanog. 3 : 271-282, 1958.

[21] FINGERMAN M., M. MIYAWAKI and C. OGURO: *Effects of osmotic pressure and cations on the response of the melanophores in the fiddler crab, Uca pugnax, to the melanin-dispersing principle from the sinus gland.* Gen. Comp. Endocrinol. 3 : 496-504, 1963.

[22] BROWN F. A. JR., H. M. WEBB and M. F. BENNETT: *Proof for an endogenous component in persistent solar and lunar rhythmicity in organisms.* Proc. Nat. Acad. Sci. 41 : 93-100, 1955.

LE CONCEPT DE PROGRÈS DANS L'ÉVOLUTION

Les mots « progrès » et « progressif », de même que les expressions semblables: « avancement », « amélioration, « différencié », « évolué », etc. sont à présent utilisés dans deux sens différents. Le premier tente de formuler un but au processus évolutif (habituellement la survie, la multiplication et la diversification), alors que le second à trait à tout changement dans la structure et la fonction du modèle originel en tant qu'amélioration. L'auteur essaye de démontrer que le premier concept est stérile, parce qu'il est enraciné dans une vieille pensée téléologique. Les théories actuelles de l'évolution doivent en effet considérer tous les changements comme progressifs. On recommande, par conséquent, d'utiliser les termes discutés uniquement dans leur second sens. Pour les concepts incarnés dans le premier sens du terme, les expressions « évolution avec succès » et « évolution sans succès » sont plus appropriés.

Le terme de progrès dans l'acception communément acceptée du terme recèle un élément de valeur. Le progrès, habituellement, signifie un mouvement vers un but prédéterminé. Dans les sciences sociales, on suppose ordinairement que le but réside en une perfection successive dans la maîtrise et l'exploitation du milieu dans lequel l'humanité vit.

Mais les organismes ou leur évolution ont-ils un but quelconque? On ne peut pas discuter ici le vieux problème de la finalité dans la fonction et la structure des organismes. Répétons une fois de plus qu'ils sont adaptés à leur environnement, non pas parce qu'ils ont été conçus ainsi dans un but de réussite, mais parce qu'ils sont liés par l'hérédité à leurs ancêtres, et parmi ces ancêtres, seulement les individus les mieux adaptés furent aptes à propager leur descendance. Si on admet, cependant, que le progrès est un mouvement vers un but, et que simultanément il est établi que l'évolution n'a aucune fin, on doit alors en arriver à la conclusion que le terme de progrès n'a aucune signification en biologie. En conséquence, des expressions telles que « un groupe progressif », « un groupe conservateur », etc., sont parfois condamnées comme non scientifiques.

Dans leur effort pour éviter le terme de progrès ou progressif, beaucoup d'auteurs utilisent d'autres expressions, telles que, par exemple, «amélioration générale », « avancement », ou « avancé », « différencié », « évolué », « spécialisé », etc. La signification exacte de ces termes n'est habituellement pas définie, mais il est possible d'inférer du contexte qu'ils sont utilisés comme des synonymes de « progrès » et « progressif ». Une telle esquive n'aide pas à résoudre le problème de savoir si le concept de progrès peut s'appliquer à la pensée évolutionniste. On observe, cependant, qu'il est constamment utilisé dans les manuels et dans les publications originales. Son emploi est avantageux car il conduit à la formulation d'hypothèses qui se confirment souvent ultérieurement dans la recherche. Ainsi, par exemple, il est établi que les poissons appartenant à des unités systématiques progressives ont une vessie à air close, des écailles fines, cycloïdes ou cténoïdes se superposant, des épines rigides des nageoires une nageoire caudale homocercale, des mâchoires très mobiles, disposées

de telle manière que l'ouverture de la bouche crée une force de succion, etc. Si l'on trouve un fragment de poisson fossile ayant une nageoire caudale homocercale et de fines écailles cténoïdes, on pourra supposer que cet animal avait des mâchoires mobiles, une vessie à air close, etc.

L'importance de la classification des caractères comme progressifs et conservateurs fut soulignée par Carter (1954), qui écrit que, pour des considérations taxonomiques, « les caractères d'un organisme que l'on croit être pour d'autres raisons primitif dans son groupe sont de plus de valeur que ceux des animaux plus spécialisés ou évolués plus tardivement ».

Il semble important, pour cela, d'examiner le sens dans lequel les termes de « progrès » et « progressif » sont utilisés par les biologistes afin de clarifier les raisons pour une définition qui pourrait être acceptée par la majorité sinon par tous les chercheurs dans le domaine de l'évolution.

Commençons par le problème le plus aisé qui consiste à définir le progrès par la structure et la fonction d'un organe unique. Il n'y a généralement pas de divergences d'opinion dans ce que, par exemple, la faculté des tubuli rénaux à excréter activement les déchets du métabolisme dans l'urine primitive, est un caractère progressif des poissons de mer, qui conduit, à son développement extrême, aux reins aglomérulés. Semblablement, la présence d'une vessie à air chez les poissons est progressive, également progressive est la faculté de dégager les gaz dans la vessie par l'intermédiaire de la glande gazeuse, sans qu'il soit nécessaire de remonter à la surface de l'eau pour la remplir à nouveau avec de l'air atmosphérique. Il y a naturellement quelques complications possibles même ici. Certains poissons d'eaux profondes, certaines formes benthiques, et certaines espèces vivant dans des courants rapides n'ont pas de vessie à air, et dans ces cas la perte de la vessie est progressive, car elle est la conséquence de l'adaptation à l'environnement particulier et elle constitue un changement dans le modèle originel. Néanmoins, il n'y a ordinairement pas de grandes divergences d'opinion à propos du caractère progressif ou conservateur d'une structure isolée dans un cas particulier.

Un problème beaucoup plus ardu surgit lorsque l'on tente de caractériser les organismes entiers comme progressifs ou non. Il est évidemment impossible d'examiner un grand nombre de structures différentes dans un organisme, pour les désigner comme progressives ou non, et puis de choisir une certaine valeur moyenne comme la position globale de l'organisme. La difficulté dérive du fait, qu'habituellement un progrès dans une fonction ou une structure s'accompagne d'une régression dans une autre. Ainsi, par exemple, la fonction respiratoire de la peau des amphibiens est améliorée si on la compare avec la peau des poissons, mais sa fonction d'isolement de l'organisme des facteurs environnants est altérée. Les membres postérieurs d'Anura sont progressifs, mais la queue est en complète régression. Le progrès dans la structure et la fonction de la langue chez Anura s'accompagne d'une décroissance ou même d'une absence complète de dents, etc. Même les parasites, chez lesquels maints caractères sont évidemment en dégénérescence, offrent une compensation en développant d'autres traits qui doivent être considérés comme hautement progressifs. Les parasites sont habituellement extrêmement féconds, ils ont la capacité de vivre dans des environnements très particuliers, ils peuvent facilement venir à bout des réactions de défense de leurs hôtes, etc. Quant à moi, je suis enclin à considérer les parasites comme des formes très progressives.

Il y a beaucoup de définitions différentes du progrès évolutif dans la littérature. Il est possible de les classer en deux groupes majeurs. Le premier cherche à retenir autant que possible de la signification usuelle du mot progrès, comme un effort vers un but, et recherche seulement quelque remplaçant acceptable pour le terme de « but ». A celui-ci appartiennent les définitions de Severtzoff (1931), Schmalhausen (1947), Simpson (1950), Thoday (1958), etc.

Le second groupe rejette la signification usuelle du terme et accepte simplement tout changement dans l'organisme comme progressif. Ainsi, par exemple, Ehrlich et Holm (1963, p. 272) écrivent que « la comparaison de primitif et de spécialisé ici n'implique aucun jugement de qualité; deux groupes sont comparés quant à la quantité dont ils ont probablement changé à partir de la ligne de base de leur ancêtre commun le plus récent. Ainsi, les crocodiles sont plus primitifs que les oiseaux ».

Rappelons quelques définitions appartenant au premier groupe. Schmalhausen (1947) écrit, qu'afin de décider laquelle de deux unités systématiques est la plus progressive, nous devons comparer trois caractères:

1. Le nombre de groupes systématiques inférieurs appartenant à deux unités (d'espèces si nous comparons deux genres différents, de genres si deux familles sont comparées, etc)..

2. La variété des environnements dans lesquels les animaux appartenant aux groupes respectifs sont capables de vivre.

3. L'abondance de branches qui ont été données par les unités durant l'histoire géologique. On ne peut utiliser ce dernier critère qu'avec des goupes possédant une histoire géologique suffisamment abondante.

Simpson (1950) ne formule aucune définition précise du progrès évolutif, mais son contexte ne diffère pas grandement des idées de Schmalhausen. Il écrit que les changements progressifs généraux consistent dans « une tendance à la vie à s'étendre, à emplir tous les espaces disponibles dans les environnements vivables... » et un peu en-dessous «... on peut considérer la propagation générale en termes du nombre d'organismes individuels, de la masse totale des tissus vivants, du nombre brut de transfert, du métabolisme de la matière et de l'énergie. Elle inclut tous les trois, et une augmentation dans n'importe lequel est un aspet de progrès dans le sens le plus large ».

D'autres exemples d'une telle manière de raisonner, on peut les trouver dans des articles de Thoday (1958), Olson (1963) et Schaeffer (1965). Thoday accepte l'idée de Spencer que le progrès est un accroissement d'aptitude et, après avoir discuté le concept d'aptitude, il écrit que: « les aptes sont ceux qui ajustent leurs environnements d'existence et dont les descendants vont accomoder d'autres environnements ». Pour Olson, un groupe progressif, c'en est un qui a traversé une période de radiation adaptative, et Schaeffer définit l'« amélioration biologique » comme « un changement dans, ou un raffinement de, l'homéostase », bien qu'il soit de l'opinion que « l'amélioration dans l'organisme intégré total soit pratiquement impossible à mesurer ».

En considérant cet accord entre différents biologistes, il peut apparaître étrange qu'Ehrlich et Holm (1963) donnent une définition qui se fonde sur un point de vue très différent, spécialement comme Simpson (1950) protesta violemment contre une semblable possibilité en écrivant: «c'est une idée infantile... ...que le changement est progrès... ...il nous faut définir le progrès comme un mouvement dans une direction à partir (dans un certain sens) du pire vers le mieux, de l'inférieur vers le supérieur, ou de l'imparfait vers le davantage

presque parfait ». Ehrlich et Holm ne donnent aucune raison pour leur position. C'est le but de cet article de démontrer que leur définition en réalité de conforme aux usages et aux intuitions de la majorité des biologistes contemporains. Dans un but de briéveté, les expressions « le premier concept » et le « second concept » seront utilisées ci-dessous.

Avant de passer à des exemples, discutons brièvement les causes de l'existence simultanée parmi les organismes actuels de formes progressives et conservatrices.

La sélection naturelle agit probablement rarement sur un nombre de traits différents d'une espèce avec une intensité uniforme. Dans chaque situation, la sélection par rapport à un caractère défini est beaucoup plus importante que par rapport à d'autres. De là, parfois, la chance de survie dépend primairement de la résistance à la chaleur, ou au froid, chez d'autres à la faculté de trouver et d'utiliser économiquement la nourriture peu abondante, chez d'autres encore de la résistance aux parasites et à la maladie, etc. Beaucoup d'insectes ne manquent jamais de la nourriture convenable, pour certains oiseaux le facteur limitant réside dans la quantité d'endroits adaptés au nichage. Par exemple, le martinet européen est limité par la disponibilité des lieux de nichage et par l'abondance de son aliment exclusif, le plancton aérien. Un exemple d'une force extrêmement sélective est fourni par l'influence de la myxomatose du lapin sauvage d'Australie. Un individu possédant une résistance à cette maladie va survivre et proliférera même si en d'autres caractères comme, p. ex., dans son habileté à courrir, ou à utiliser la nourriture, il est inférieur à la moyenne de la population.

En conséquence, une forte sélection par rapport à certains traits modifie le pool génétique général de la population de plusieurs manières. D'abord, les gènes qui favorisent le puissant développement du caractère sélectionné sont rendus plus nombreux, deuxièmement, certains gènes, même désavantageux dans l'environnement habituel, ne sont pas sujets à une sélection négative, troisièmement, la réduction dans le nombre des spécimens cause une dérive génétique lors de laquelle certains gènes inappropriés au trait particulier se perdent, alors que la fréquence d'autres est accrue. King (1965) rapporte les résultats d'expériences qui démontrent que « lorsque la sélection produit un déplacement dans la moyenne d'un caractère, le système dans son entier réagit... ...la faculté d'adaptation diminue, la stérilité augmente, la fécondité décroît ».

On admet communément que certaines tendances adaptatives peuvent être mutuellement exclusives, ou compétitives, car elles demandent des changements antagonistes dans l'organisme. Ainsi, par exemple, un oiseau aquatique ne peut pas simultanément parfaire son aptitude à voler sans battement qui exige de grandes ailes, et l'aptitude à plonger, dans laquelle de grandes ailes constituent un obstacle. Un mammifère herbivore ne peut pas s'adapter simultanément aux biotopes arboricoles et de steppe. Mais il est nécessaire de se rendre compte que même lorsqu'aucun conflit direct intervient, l'organisme ne peut pas améliorer plusieurs caractères différents simultanément, car le processus de sélection lui-même crée une interférence entre différentes tendances adaptatives. Mayr (1963) exprime une pensée semblable dans les termes suivants: « évidemment toute amélioration drastique par la sélection doit sérieusement épuiser le stock de variabilité génétique ».

Conformément à la nomenclature de Severtzoff (1931), on peut discerner deux sortes d'améliorations évolutives: les aromorphoses et les idioadapta-

tions. Les aromorphoses sont avantageuses pour l'organismes dans divers environnements, les idioadaptations sont utiles seulement dans une niche écologique particulière. De là, comme aromorphoses typiques, on peut citer la présence de système pileux et la séparation complète du coeur chez les mammifères, la croissance permanente des dents chez les rongeurs, ou l'uricotélisme chez les reptiles. Des exemples d'idioadaptations ce sont: la réduction des yeux chez les taupes, la perte des doigts chez les ongulés, la faculté d'ouvrir très grand le bec chez les martinets et les hirondelles, etc.

L'acquisition d'une aromorphose accroît l'eurytopisme des espèces. Il peut maintenant envahir les biotopes marginaux qui étaient avant inaccessibles. Un exemple frappant a été décrit par Terentev (1958). Ce chercheur a comparé les domaines géographiques des serpents venimeux et inoffensifs et a trouvé que le domaine des espèces inoffensives s'étend en moyenne sur une aire de 2,87 unités conventionnelles, alors que chez les espèces hautement venimeuses appartenant aux Protéroglyphes, le domaine couvre en moyenne 5,35 unités. Cette observation souligne que l'étendue géographique des espèces ne dépend pas seulement du caractère de l'environnement, mais aussi des caractères de l'organisme, qui, superficiellement n'ont aucun rapport.

Le développement d'une idioadaptation augmente habituellement le sténotopisme. La taupe dépourvue de vision est moins vulnérable dans son environnement habituel, car les yeux sont le siège possible d'infections, mais elle est empêchée de vivre hors de ses passages souterrains. La perte des doigts latéraux dans la famille du cheval accroît la vitesse, mais elle limite les modes possibles de vie.

Briggs (1966) a démontré que la probabilité d'une espèce acquérant une aromorphose croît proportionnellement au nombre des spécimens vivants. Les espèces possédant de plus vastes territoires géographiques et plus eurytopiques dans leurs besoins écologiques ont par conséquent une plus grande probabilité de développer des améliorations ultérieures que les formes sténotopiques. De cette manière, le processus évolutif aromorphique tend à être auto-accélérant sous l'influence d'un feedback positif. Il y a également une seconde raison au caractère auto-accélérant du processus évolutif aromorphique. Une aromorphose originelle peut habituellement être encore perfectionnée et il y a habituellement une forte pression sélective dans cette direction. Ainsi, par exemple, l'aptitude à voler, ou à grimper aux arbres peut être graduellement perfectionnée durant de longues périodes de temps, en déplaçant l'organisme très loin de sa niche écologique d'origine. Wahlert (1961) a démontré comment une tendance originelle à reposer sur le fond marin s'est perfectionnée jusqu'à ce que les descendants revêtent la structure et le mode de vie des poissons plats.

Il est, cependant, nécessaire de rappeler qu'il n'y a parfois aucune différence nette entre une idioadaptation et une aromorphose. Les idioadaptations des Crossoptérygiens aux eaux peu profondes, souvent privées d'oxygène, se sont transformées en aromorphoses lorsque leurs descendants abandonnèrent l'eau totalement. Les idioadaptations à la vie arboricole chez les ancêtres des oiseaux leur ouvrirent la voie pour l'acquisition subséquente de la faculté de voler, etc.

Lorsqu'une population pénètre dans un environnement nouveau, la sélection naturelle change de direction, et après un certain temps, elle induit une reconstruction en profondeur de l'organisation générale du corps. Les

différences entre un oiseau et un reptile sont un bon exemple. Sur une espèce sténotopique, la sélection a principalement un effet stabilisateur, même lorsque sa structure est modifiée par des idioadaptations successives. En conséquence, le plan général de l'organisme n'a aucune tendance à changer. De cette manière, deux modes différents de processus évolutif se dégagent, le premier, conduisant à une succession rapide de changements importants dans la structure et la fonction de l'organisme, et le second, perfectionnant les détails sans influencer le plan général d'organisation. Si les résultats de ces deux processus sont comparés avec l'ancêtre commun, on observe que le nombre de caractères dans lesquels les descendants diffèrent du progéniteur augmente avec le nombre des différents environnements dans lesquels le phylum a vécu pendant son histoire. Ainsi, les pingouins sont un groupe hautement modifié (ou progressif), car leurs ancêtres directs avaient la capacité de voler, leurs ancêtres plus lointains étaient les reptiles arboricoles, ceux encore plus lointains vivaient comme des amphibies dans des mers d'eau douce, et en regardant encore plus en arrière, on verrait parmi les progéniteurs des pingouins, des poissons d'eau douce et des cordés marins primitifs. Réciproquement, les Dipneustes récents et les Elasmobranches récents vivent dans un environnement dans lequel leurs ancêtres vivaient au Dévonien, il y a plus de 300 millions d'années. En conséquence, la majorité des caractères des pingouins sont très différents de ceux qui étaient présents chez leurs ancêtres du Dévonien, tandis qu'un dipneuste récent et un requin récent sont plutôt semblables à leurs progéniteurs lointains. Il est par conséquent incorrect de penser avec Salthe et Kaplan (1966) « qu'une différence structurale sur le plan moléculaire est une fonction du temps pendant lequel deux lignées ont été séparées ». Le taux de différence dépend en premier lieu du caractère du processus évolutif qui a modelé les unités systématiques. Si les deux processus ont été guidés par des idioadaptations et, en conséquence, que les animaux sont demeurés dans leur milieu originel, le taux de différence sera faible. Il en découle que les trois genres de dipneustes ont beaucoup de traits en commun, encore que leur distribution géographique suggère qu'ils ont été séparés il y a longtemps. Un ancêtre commun des moineaux et des pingouins est probablement moins éloigné dans le temps, mais les environnements différents auxquels ces deux oiseaux sont adaptés ont entraîné l'accumulation d'une grande quantité de différences.

Revenons maintenant aux deux concepts de progrès biologique. Il y a beaucoup d'exemples où les deux définitions fournissent des résultats semblables. Ainsi, selon tous les biologistes un serpent, un oiseau, et un mammifère sont plus progressifs qu'un amphibie, et à nouveau un serpent est moins progressif qu'un oiseau. Mais il y a des circonstances où les deux concepts donnent des résultats contradictoires. Conformément au premier concept, les Rongeurs sont plus avancés que les Cétacés: ils sont plus nombreux, ils ont envahi beaucoup d'environnements différents, etc. En vertu du second concept, les Cétacés sont plus progressifs, car ils diffèrent davantage des mammifères ancestraux primitifs. Un autre cas, c'est la comparaison des familles de poissons Clupéidés et Salmonidés avec les Percidés. Les Clupéidés et les Salmonidés sont de plus grandes familles pour ce qui est du nombre de genres et du nombre de spécimens vivants, tandis que les Percidés sont moins nombreux. Mais tout ichtyologiste déclarera que les Clupéidés et les Salmonidés sont beaucoup plus semblables aux poissons primitifs et il prétendra par consé-

quence qu'ils sont beaucoup moins progressifs que les Percidés. Ainsi, François (1962) écrit que la nageoire dorsale du Saumon est un exemple d'une structure primitive, tandis que la nageoire dorsale des Acanthoptérygiens est progressive (il utilise le terme « évolué », evolved).

Portmann (1950) discute le mode spécial de soins parentaux de la part des oiseaux appartenant aux Mégapodidés et il en arrive à la conclusion que ce caractère est probablement primitif car la famille appartient à l'ordre des Galliformes, qui ont de nombreux traits primitifs, spécialement dans la structure du cerveau. Il ne s'intéresse pas à savoir si les Galliformes sont à présent un groupe nombreux.

Zuckerkandl (1965) dans un article dans lequel il décrit les hémoglobines de différents vertébrés en vient à la question: quelles hémoglobines sont primitives et lesquelles sont modifiées. Comme l'on ne possède aucun renseignement sur la structure des hémoglobines fossiles, Zuckerkandl postule que la seule manière est de supposer qu'« il est peu probable que les forces sélectives favorisent normalement la stabilité des caractères morphologiques sans favoriser en même temps la stabilité des caractéristiques biochimiques qui sont plus fondamentales ». Il a certainement raison, car un changement profond dans la structure doit découler d'une aromorphose qui permit l'invasion de nouvelles niches écologiques et il est très probable que de nouveaux modes de vie aussi influencèrent et modifièrent les caractères biochimiques de l'organisme. Zuckerkandl n'utilise pas le terme de progrès. Il est néanmoins évident que sa façon de raisonner s'harmonise mieux avec le premier qu'avec le second concept de progrès.

Dans une revue concernant la structure du vitellus des vertébrés, Grodzinski (1966) essaye de trouver quel type de vitellus est la plus primitive. En discutant des différents aspects de ce problème, il admet tacitement que le vitellus des animaux qui sont considérés comme primitifs par les morphologistes (Myxine, Amia, Latimeria, Sphenodon) est également, probablement, primitive.

Nous avons déjà noté l'emploi de ce concept par François (1962). Ginsburg (1962) appelle les Tritylodontes fossiles un groupe petit, mais progressif (« évolué »). Cela, naturellement est en accord avec le second concept et est en contraste aigu avec le premier, selon lequel seulement un groupe nombreux et victorieux peut être appelé progressif.

On pourrait multiplier de semblables exemples, alors qu'il serait beaucoup plus difficile de trouver des situations dans lesquelles le premier concept a été utilisé de manière fructueuse dans le raisonnement évolutif. Il me semble que le premier concept est de peu d'utilité, parce qu'il se fonde inconsciemment sur la supposition fausse que l'évolution a une fin, qui consiste en la multiplication et en la diversification. C'est l'un des derniers vestiges de l'ancienne pensée téléologique. Des tentatives pour trouver et formuler un but à l'évolution sont futiles et n'ont pas plus de valeur que n'aurait une tentative pour décrire le travail des rivières et des glaciers comme un effort vers le nivellement des continents.

Le second concept est fécond parce qu'il est en harmonie avec les théories récentes de l'évolution, il rejette clairement la finalité dans l'évolution et il accepte le mécanisme réel du processus évolutif. On doit en conclure que le concept de progrès dans l'évolution a dérivé à côté de sa signification communément admise, pour adopter un sens nouveau et différent. Si l'on garde bien

en mémoire et que l'on accepte ce fait, alors beaucoup de conceptions erronées et d'arguments inutiles seront évités. Le terme de progrès ne doit absolument pas être employé dans le sens du premier concept. Lorsqu'il est nécessaire de parler des tendances évolutives qui ont conduit à l'extinction ou à la multiplication des phyla, il vaut beaucoup mieux suivre l'exemple de Briggs (1966) et employer les termes d'évolution réussie ou non réussie.

Kraków, Jagellonian University, Hoyer Department of Comparative Anatomy.

H. Szarski

(Traduit par B. Bizzini - Neuilly-sur-Seine)

BIBLIOGRAPHIE

Briggs J. C. (1996). - *Zoogeography and evolution.* Evolution 20 : 282-289.

Carter G. S. (1954). - *On Hadzis interpretation of animal phylogeny.* Syst. Zool. 3 : 163-173.

Ehrlich R. R. and R. W. Holm (1963). - *The process of evolution.* McGraw-Hill Book Co., New York, San Francisco, Toronto, London. XVI + 347.

François Y. (1962). - *La nageoire dorsale des Actinoptérygiens.* In: Problèmes act. Paléont. Paris, CNRS, 117-121.

Grodziñski Z. - *Zôltko kregowców.* Kosmos 15 : 345-359.

Ginsburg L. (1962). - *Les Tritylodontes.* In: Problèmes act. Paléont. Paris, CNRS, 187-191.

King J. C. (1965). - *Genetic implications in the origin of higher levels of organization.* Syst. Zool. 14 : 249-258.

Mayr E. (1963). - *Animal species and evolution.* Harvard U. Press, Cambridge, VII + 797.

Olson E. C. (1963). - *Evolution of higher levels.* Proceed. XVI Intern. Congr. Zool. 3 : 285-289.

Portmann A. (1950). - *Le développement post embryonnaire.* In: Traité de Zool. P.-P. Grassé, 15 : 521-535.

Salthe S. N. and N. O. Kaplan (1966). - *Immunology and rates of enzyme evolution in the amphibia in relation to the origin of certain taxa.* Evolution 20 : 603-616.

Schaeffer B. (1965). - *The role of experimentation in the origin of higher levels of organization.* Syst. Zool. 14 : 318-336.

Schmalhausen I. I. (1947). - *Osnovy sravnitelnoi anatomii.* Sovetskaia Nauka, Moskva, 540.

Sewertzoff, A. N. (1931). - *Morphologische Gesetzmässigkeiten der Evolution.* Jena, G. Fischer. XVI + 371.

Simpson G. G. (1950). - *The meaning of evolution, a study of the history of life and its significance for man.* Oxford U. Press, London, XVI + 364.

Terentev P. V. (1958). - *Razmery arealov.* In: Sbornik « Materialy Sov. Zoogeogr. Sushi ». Lvovskii Gos. Univ. 283-289.

Thoday J. M. (1958). - *Natural selection and biological progress.* In: A century of Darwin, Heinemann, London, Melbourne, Toronto.

Wahlert G. V. (1961). - *Die Entstehung der Plattfische durch ökologischen Funktionswechsel.* Zool. Jb. Syst. 89 : 1-42.

Zuckerkandl E. (1965). - *The evolution of hemoglobin.* Scientific Amer. 212 5 : 110-118.

ASPECTS BIOCHIMIQUES DE L'OEDÈME CÉRÉBRAL

On connait à l'heure actuelle plusieurs types de l'oedème cérébral. Diverses lésions traumatiques provoquent un oedème caractérisé par une rupture locale de la barrière hemo-encephalique et l'accumulation de liquide d'oedème dans la matière blanche. La composition de ce fluide, sodium, potassium et protéines, montre qu'il provient du sang et qu'il est semblable, en fait, au plasma sanguin. Dans ce type d'oedème le gonflement du tissu cortical est minime. On a constaté dans la matière blanche la présence d'espaces intercellulaires anormaux. L'intoxication à triethyl d'étain provoque un oedème cérébral qui intéresse principalement la matière blanche sans affecter les caractéristiques de perméabilité des tissus cérébraux. Dans ce type d'oedème le fluide s'accumule dans les vacuoles intramyéliniques sans atteindre l'espace extracellulaire de tissu cérébral, semble-t-il, il n'y pas équilibre entre les deux. L'oedème provoqué par osmose atteint de la même façon le cortex et la matière blanche. La teneur de potassium et de sodium dans les tissus ne change pas et la barrière hemo-encephalique reste intacte. L'hypoxie seule ne semble pas suffisante pour provoquer un oedème cérébral. Une lésion produite par anoxie et ischemie associée entraine une rupture de la barrière hemo-encephalique, des modifications ultrastructurelles des capillaires cérébraux et des variations de la composition chimique des tissus semblables a ceux de l'oedème traumatique. Les effets d'un oedème provoqué par infarction cérébrale experimentale s'accompagnent d'effet métabolique superposés.

L'oedème cérébral est un facteur qui complique en maintes circonstances les lésions cérébrales traumatiques et les interventions neurochirurgicales. Par conséquent, son diagnostic et son traitement ont une grande importance pratique pour le clinicien. La pathologie de l'oedème cérébral présente également un intérêt fondamental pour le neurologue. Ce sujet est traité depuis plus de 50 ans par une vaste littérature qui est responsable d'une certaine confusion. Cette confusion est due, en partie, pour ce qui concerne le passé, à l'absence de critères solides et définitifs de la présence d'un oedème et, également à la diversité des modèles d'oedèmes cérébraux qui ont été utilisés, sans que l'on aitait compris que la variation obligatoire du volume du cerveau n'est pas forcément causée par le même mécanisme dans chaque cas. Il y avait encore récemment un manque surprenant d'études sur la chimie de ce sujet.

Au cours de la dernière décennie, plusieurs groupes ont entrepris un travail de recherche expérimentale, à l'aide de techniques nouvelles ou améliorées, travail qui a entrainé une compréhension accrue des mécanismes de formation d'un oedème, bien que de nombreuses questions restent encore sans réponse. Les études de biochimie ont autant contribué à ce progrès que les observations d'avant-garde au microscope électronique, ainsi que certaines études récentes de neuropathologie expérimentale.

Dans le présent article nous utiliserons sans distinction les mots « oedème » et « gonflement », à cette restriction près que l'un désigne l'accumulation d'un fluide extracellulaire et que l'autre s'attache à la variation du volume intracellulaire. Une telle distinction n'est pas justifiée présentement dans les études se rapportant aux variations de volume des tissus cérébraux car notre connaissance de la distribution du fluide en excès dans le cerveau est encore incomplète.

D'une façon générale, on peut diviser le contenu de la boite cranienne en

trois constituants: le tissu cérébral, le liquide céphalo-rachidien et le sang. Des variations de volume de l'un des constituants peuvent être compensées par des variations inverses correspondantes des autres constituants, mais seulement dans d'étroites limites, au-delà desquelles une pression intracranienne anormale apparait. Ainsi, l'augmentation de la pression intracranienne peut provenir d'une dilatation excessive de la vascularité cérébrale, en réponse à une acidosis métabolique ou respiratoire, ou de l'accumulation du liquide céphalorachidien dans les ventricules, c'est le cas de l'hydrocéphalie, autant que de l'augmentation de la masse du tissu cérébral lui-même en présence d'un gonflement ou de la croissance d'une tumeur. Il est clair que l'on peut se tromper en supposant qu'un oedème est nécessairement révèlé par une augmentation de la pression intracranienne. De nombreuses études sur l'oedème du cerveau, parmi les plus anciennes ainsi que la plupart des observations cliniques, sont encore basées sur cette seule supposition. On ne comprend pas encore les mécanismes par lesquels l'augmentation de la pression intracranienne provoque l'apparition de divers signes et symptômes neurologiques. Il est par conséquent évident que l'on ne peut se fier à ces indices et à ces symptômes pour diagnostiquer la présence d'un oedème cérébral.

Puisque, par définition, l'oedème est une augmentation de la teneur en fluide d'un tissu causant une augmentation du volume de ce dernier, le seul critère exact de sa présence pourrait être la démonstration d'une augmentation de la teneur en eau dans les tissus en question. C'est dans cette perspective que l'on peut aborder le plus efficacement les aspects biochimiques d'une étude sur l'oedème cérébral.

Mesurer le pourcentage en poids du résidu sec d'un échantillon de tissu permet de connaitre le pourcentage réciproque de sa teneur en eau et c'est la méthode la plus simple pour établir si le tissu est oedèmateux et à quel degré. L'analyse chimique du tissu oedemateau peut apporter une information sur la nature du fluide d'oedème, par exemple, sa teneur en protéines et en potassium et sodium: cette analyse est donc nécessaire à l'identification de l'origine du fluide retenu par le tissu. Des changements de la teneur en électrolyte du tissu, compatibles avec la rétention d'un fluide à teneur élevée en sodium et à basse teneur en potassium, indiqueraient que le fluide d'oedème provient du plasma. Sa proportion en protéines, comparée à celle du sang, indique dans quelle mesure le fluide représente un plasma ultrafiltré. Des variations dans la teneur en eau des tissus cérébraux, qui ne seraient pas accompagnées de variations dans la teneur de sodium et potassium, indiqueraient évidemment que le fluide en excès n'est pas un plasma filtré.

On a mesuré les variations totales de volume dans les tissus cérébraux lors d'études experimentales ainsi qu'à l'aide d'agents thérapeutiques: les deux étant susceptibles d'influencer le développement ou la régression (ou les deux ensemble) d'un oedème cérébral traumatique. Au cours de telles expériences, ces sont des cerveaux ou des hémisphères entiers qui ont été analysés au lieu d'échantillons de tissu. Dans ces conditions, l'accroissement du poids total du cerveau représente le poids du fluide d'oedème ou, en supposant une densité de un, son volume.

Des recherches sur le phénomène de la barrière hemo-encephalique font partie de n'importe quelle étude sur l'oedème cérébral car des différences frappantes, dues à cette barrière, ont été constatées en corrélation avec la méthode utilisée pour créer l'oedème. Cette barrière s'oppose au passage de di-

verses substances du sang vers le cerveau. Le fluide d'oedème peut être marqué à l'aide d'un traceur qui reste en temps normal en deçà de la barrière sans pénétrer dans les tissus du cerveau. Lorsque la barrière est altérée ou rompue, il est alors possible de détecter le passage du liquide. Ceci est une méthode précise pour estimer quantitativement le volume du tissu affecté par l'oedème ainsi que la distribution du liquide dans le tissu.

Il y a de nombreuses façons de provoquer expérimentalement les oedèmes cérébraux. Les plus communes sont: une lésion locale produite par congélation du tissu, l'incision, l'insertion d'une substance provoquant une dilatation, l'implantation de néoplasma ou l'insufflation d'un ballon sousdural. Quel que soit le type de traumatisme utilisé, les apparences de l'oedème sont semblables et resultent de grosses lésions des éléments vasculaires du tissu. C'est pour cette raison que nous appelons cet oedème du type traumatique ou vasogénique. D'un autre coté, l'oedème cérébral provoquée par un déséquilibre osmotique entre le sang et les tissus cérébraux est, selon les cas, un phénomène radicalement différent que nous traiterons à part. Ces types d'oedèmes sont causés par certaines substances toxiques, l'étain tétraéthyle par exemple, ou par des interférences avec les processus métaboliques normaux.

L'OEDÈME TRAUMATIQUE. — Dans notre laboratoire, la congélation d'une petite surface (5 × 10 mm) du cortex cérébral a été utilisée avec succès pour produire l'oedème localisé sur un cerveau de chat, de façon assez uniforme et reproductible. Notre mode opératoire normal est de prendre un animal anesthésié, de forer un trou borgne de 15 mm en exposant la dure-mère du pariétal de l'hémisphère droit pour y enforcer pendant 45 secondes une tige de métal refroidie à —50°C.

Nous avons constaté qu'après un temps très court suivant la lésion, le poids de l'hémisphère touché augmentait par rapport au poids de l'autre hémisphère. Chez les animaux normaux, les poids moyens des deux hémisphères sont égaux. Le poids de l'hémisphère touché augmente rapidement au cours des douze premières heures suivant la lésion et diminue ensuite. Cinquante huit heures après la lésion, cette augmentation représente 8% du poids de l'hémisphère intact.

Des analyses chimiques du tissu cortical et de la matière blanche montrèrent clairement que la masse du fluide oedèmateux s'accumulait, dès le début, dans la matière blanche. On pouvait démontrer, quelques minutes après la congélation, par le pourcentage du résidu sec, que la matière blanche située immédiatement sous la lésion augmentait sa teneur en eau de façon significative. Avec le temps, l'oedème se diffusait de plus en plus dans les tissus et même souvent vers le sulcus limitans. Cependant, la matière blanche de l'autre hémisphère restait intacte. La teneur en eau des tissus touchés dans la matière blanche augmentait de 45% par rapport à la teneur originale. Cette augmentation fut toujours accompagnée d'une élévation de la concentration en sodium et d'une chute de la concentration en potassium des tissus en question. La corrélation statistique entre la quantité d'eau présente et la teneur de sodium et de potassium était hautement significative. Le contenu de l'électrolyte retenu par la matière blanche montrait une concentration élevée en sodium et une concentration faible en potassium. Ce dernier point n'était pas contradictoire avec la supposition relative à l'origine sanguine du fluide d'oedème. Dans

ces conditions, on pouvait, en fait, montrer que la diminution de la teneur en potassium de la matière blanche reflètait sa dilution par un fluide à faible concentration en potassium sans une quelconque perte de cet électrolyte à partir des tissus oedèmateux.

Au contraire de ce que l'on avait trouvé pour la matière blanche, la teneur en eau du tissu cortical entourant la zone lésée n'augmentait que très peu. Elle n'était équivalente qu'à 5% de la teneur des tissus lésés. Le tissu cortical présentait également une élévation de la teneur en sodium et un abaissement de la teneur en potassium. Cette dernière représentait une perte nette du tissu cortical. Les variations de la quantité de l'eau et des electrolytes contenue dans les tissus cérébraux que nous venons de décrire, apparaissaient 60 minutes après la lésion et persistaient pendant trois ou quatre jours, cependant que cinq jours après on notait un certain retour aux valeurs normales. Dix jours après la lésion, la teneur de l'eau contenue et des electrolytes dans les tissus cérébraux étaient revenues à des valeurs normales. Des variations identiques furent observées après lobectomie occipitale, insertion de substances d'expansion et implantation de tumeurs. Elles peuvent être considérées comme caractéristiques d'un oedème cérébral traumatique.

On a pu démontrer, à l'aide de traceurs classiques, une baisse de la perméabilité de la barrière nommée hemo-encephalique, cela dans tous les modèles expérimentaux d'oedème cérébral traumatique. Le dommage vasculaire était clairement localisé autour de la lésion et la perméabilité des vaisseaux sanguins situés dans les régions oedémateuses, mais à une certaine distance de la lésion, restait intacte. L'épanchement du fluide apparaissait dans la zone endommagée mais ce fluide d'oedème allait s'accumuler de préférence dans la matière blanche. En utilisant des traceurs sélectifs, on a constaté que des substances de poids moléculaire différents, allant du sucrose aux macromolécules de protéines, se déplaçaient à la même vitesse en quittant le site de la région Les expériences en cours dans notre laboratoire montrent en fait, que la teneur en protéines du fluide d'oedème est la même que celle du sérum, c'est à dire très proche du plasma non filtré. La concordance quantitative entre les rétentions: d'eau, de macromolécules de protéines et de traceurs extracellulaires, comme l'ion sulfate, suggère que la plus grande partie du fluide doit être contenue dans un compartiment extracellulaire du tissu.

La diffusion du fluide d'oedème et la vitesse de cette diffusion, sont influencées par des facteurs hémodynamiques; les deux ont été augmentées par une hypertension artérielle et diminuées par une hypotension. Le mécanisme de formation d'un oedème traumatique, tel qu'il apparait dans toutes les expériences, est comparable à un jaillissement du fluide hors des vaisseaux sanguins gravement endommagés. Cette image rappelle le jaillissement de l'eau dans le sol après la rupture d'une conduite: l'étendue des infiltrations dépend de la hauteur de charge du système.

On ne sait pas clairement pourquoi l'oedème cérébral se localise de préférence dans la matière blanche. Même lorsque seul le tissu cortical superficiel est endommagé, comme dans notre expérience de congélation, ce dernier n'augmente pas sa teneur en eau de façon notable. On peut trouver l'explication la plus vraisemblable dans la différence de structure entre ces tissu. Le microscope électronique a permis de découvrir que les liaisons intercellulaires du tissu cortical sont très resserrées. Cette structure peut présenter une résistance considérable à la pénétration d'un fluide étranger. On peut penser que la

matière blanche présente une résistance mécanique moins élevée à cause des fibres myéliniques régulièrement disposés de façon parallèle et qui peuvent ainsi, par leur séparation plus aisée, offrir un espace potentiel propre à l'accumulation du fluide d'oedème. Les observations les plus récentes faites au microscope électronique ont démontré que de tels espaces existent dans la matière blanche oedémateuse, alors que les mêmes observations ne révèlent qu'un gonflement limité aux seules cellules gliales (astrocytes) dans le cortex cérébral, du moins jusqu'à présent.

D'après l'analyse chimique des tissus oedémateux, il est clair que le gonflement des cellules gliales, appartenant à la matière blanche aussi bien qu'au cortex, n'intervient que pour une part très réduite dans l'accumulation du fluide d'oedème qui suit le trauma. Cependant, il est peut être très important et très significatif que les astrocytes soient les seules cellules du cerveau en cause lors d'un oedème. Cela indique que ces cellules sont peut-être responsables, pour l'ensemble du cerveau, de la maintenance d'une quantité normale d'électrolyte. Des études histochimiques ont montré que l'activité métabolique des enzymes d'astrocytes augmentait au cours des douze heures suivant le trauma et que cette activité persistait longtemps après la résorption de l'oedème. Il y a, en même temps, une stimulation de l'activité pinocytotique de ces cellules. Dans ces conditions, puisque le gonflement des astrocytes s'accompagne d'une activité métabolique accrue, il semblerait que les mécanismes régulateurs de la teneur en électrolyte ne soient pas lésés et même, au contraire, stimulés. Il est douteux que l'augmentation de la pinocytose, seule, en soit la cause. C'est un fait connu, que dans les tissus des mammifères le transfert de l'eau est toujours la conséquence du transport actif de matières solubles telle que le sodium ou le sucre. La pression hydrostatique vasculaire accumule le fluide dans le cerveau. L'apparition de ce fluide stimule probablement tout de suite un mécanisme de résorption. Cette résorption ne devient effective qu'après réparation des dommages graves de la vascularité du tissu. Il est possible que les astrocytes résorbent l'oedème à la manière des cellules de l'appareil gastro-intestinal ou des tubules rénaux, où le transport actif des substances solubles résulte en un transfert net d'eau contre le gradient de concentration apparent. Cette hypothèse reste, jusqu'à présent, sans vérification expérimentale. Elle demandera certainement, à l'avenir, une étude biochimique approfondie.

On ne peut pas parler de l'oedème cérébral traumatique sans dire quelques mots des étapes suivies au cours des efforts accomplis pour le contrôler cliniquement. On a obtenu, par injection intraveineuse de diverses solutions hypertoniques (par exemple, l'urée, le mannitol), une amélioration transitoire de l'état d'un patient présentant les signes et symptômes neurologiques caractéristiques de l'oedème cérébral. Cependant, les expériences d'oedèmes traumatiques pratiquées sur les animaux ont montré que l'augmentation de la tonicité du plasma conduisait à une diminution de la teneur en eau du cerveau normal, donc de son volume, sans que la teneur en eau de la matière blanche oedémateuse soit changée. Cet insuccès dans l'emploi des solutions hypertoniques n'est pas suprenant et s'explique par ce que nous connaissons maintenant de la distribution du fluide d'oedème dans la matière blanche et de l'augmentation considérable de la perméabilité vasculaire et de la perméabilité du tissu dans la zone de la lésion. Dans ces conditions, il n'existe pas de membrane au travers de laquelle le retrait de l'eau par osmose hors des tissus oedéma-

teux puisse s'effectuer. Les effets cliniques bienfaisants obtenus par l'emploi d'injections hypertoniques doivent être attribués à la décompression générale obtenue grâce à la diminution du volume des tissus normaux.

L'utilisation thérapeutique de corticostéroïdes dans le traitement de l'oedème cérébral est une pratique courante à l'heure actuelle. La cortisone et la stéroïde de synthèse, la dexaméthasone, semblent combattre l'apparition de toutes les complications postopératoires en neurochirurgie, attribuées précédemment à l'oedème cérébral. Cependant, jusqu'à présent, il n'a pas été prouvé avec certitude que les améliorations constatées sur les symptômes de l'oedème cérébral résultant, en fait, d'une diminution de la quantité de fluide d'oedème. Des études au microscope électronique sur des tissus humains et sur des tissus d'animaux (lapins et chiens) indiquent que les sujets traités à la dexaméthasone montrent une meilleure protection des caractéristiques ultrastructurelles des tissus ainsi qu'une diminution de l'espace extracellulaire. D'un autre coté, toutes les expériences entreprises sur des animaux en vue de démontrer la réduction par les stéroïdes de la teneur en eau et en électrolyte ont échoué. Dans nos propres expériences, cet échec est probablement dû à des différences endocriniennes fondamentales entre le chat et l'homme qui rendent douteuses les extrapolations de l'un vers l'autre et dont l'importance n'avait pas été correctement appréciée jusqu'à maintenant. On s'est aperçu que la diminution, par les corticostéroïdes, de l'oedème associé aux tumeurs artificielles était due beaucoup plus à l'inhibition de la croissance de la tumeur qu'à un effet direct sur l'oedème. En même temps, nos études sur électroencéphalogrammes nous montraient que, même en cas de non diminution de l'oedème, l'activité d'un cerveau de chat traumatisé était moins anormale avec un traitement à la déxaméthasone que sans ce traitement. Ainsi, il est possible que la thérapeutique aux corticostéroïdes protège l'état fonctionnel du cerveau et cela en présence d'un oedème intact ou légèrement diminué.

Quand de futures expériences permettront de tirer des conclusions définitives concernant l'effet réel des stéroïdes sur un oedème cérébral, nous serons sur la voie qui mène à la connaissance approfondie de son mécanisme. Les stéroïdes n'influencent probablement pas les atteintes graves de la vascularité du cerveau causées par une lésion classique. En fait, s'ils peuvent diminuer l'oedème c'est par l'effet qu'ils exercent fort probablement sur la vitesse à laquelle se reconstitue une vascularité normale ou par une stimulation du mécanisme de résorption des fluides étrangers hors des tissus oedémateux. Dans l'un et l'autre cas, la connaissance du mécanisme de leur action contribuerait à la connaissance du mécanisme de l'oedème lui-même.

L'OEDÈME ASSOCIÉ À L'INTOXICATION PAR TRIETHYL D'ÉTAIN. — Divers composés d'alkyles de plomb et d'étain affectent le système nerveux de façon sélective et l'on a découvert que l'administration triethyl d'étain provoque un oedème cérébral extensif limité à la matière blanche et, selon des observations au microscope ordinaire, semblable à l'oedème traumatique. Ceci a incité un certain nombre de chercheurs à étudier attentivement la possibilité d'un modèle pratique d'oedème cérébral par intoxication à triethyl d'étain. Par conséquent, les caractéristiques de l'oedème à l'étain tétraéthyle sont maintenant bien connues et ces études ont été très profitables, en

dépit du fait qu'elles montrèrent cet oedème différent de l'oedème traumatique sous le rapport de l'accumulation du fluide dans les tissus cérébraux.

Avec des animaux traités à triethyl d'étain, on trouva que la teneur en eau de la matière blanche était considérablement augmentée et que celà s'accompagnait d'une nette augmentation de la teneur en sodium et en chlorure des tissus, cependant que la diminution de leur teneur en potassium provenait en réalité d'une dilution par un fluide à basse teneur en cet élément. Dans les tissus du cortex cérébral, on a constaté que la teneur en eau et en potassium restait inchangée, mais que celle du sodium augmentait. Ces variations sont tout à fait semblables à celles enregistrées dans l'oedème traumatique. Cependant, la similitude entre les deux s'arrète là. Deux différences fondamentales apparurent clairement:

1) Chez les animaux traités à triethyl d'étain, la perméabilité de la barrière hemo-encephalique aux traceurs classiques restait inchangée. En fait, le taux d'échange du sodium, à l'endroit où il s'était accumulé dans la matière blanche, diminuait par rapport à la normale. Ainsi, le fluide d'oedème accumulé dans le cerveau n'était plus en équilibre avec le plasma malgré sa provenance vraisemblable de la circulation sanguine. On pense que ce fluide oedématique est un sérum ultrafiltré dépourvu de protéines car l'albumine du sérum marquée à l'iode 131 ne se retrouve pas dans les tissus oedémateux.

2) Les études au microscope électronique montrèrent que dans le cas de l'oedème à triethyl d'étain, le fluide s'accumulait presque exclusivement dans les grosses vacuoles situées entre les lamelles des enveloppes myéliniques, sans qu'il y ait une augmentation évidente de l'espace extracellulaire. Ces vacuoles, complètement entourées de myéline, sont une caractéristique ultrastructurelle unique de l'oedème par triethyl d'étain. L'observation montre également un léger gonflement des celllules gliales de la matière grise et de la matière blanche.

Dans le cas de l'intoxication à triethyl d'étain, le fluide semble être un plasma ultrafiltré et l'on ne connait absolument pas le mécanisme de son accumulation entre les lamelles myéliniques de la matière blanche.

L'OEDÈME CÉRÉBRAL PROVOQUÉ PAR OSMOSE. — Au cours de certaines études, parmi les toutes premières, sur l'oedème cérébral, on utilisa une surhydradation systématique pour produire le gonflement. Cependant, l'interprétation des résultats était souvent difficile car il fallait faire des injections importantes d'eau distillée ou de solutions hypotoniques, et les changements constants dans le volume du plasma se superposent aux variations de son pouvoir osmotique.

Au cours de nos études, nous avons éliminé ce problème en utilisant un rein artificiel, ce qui nous permettait de faire varier l'osmolarité du plasma en gardant son volume presque invariable.

Des chiens urémiques dont le plasma possèdait un pouvoir osmotique élevé, du principalement à une teneur élevée en urée, furent placés en dialyse avec un bain de fluide à tonicité physiologique normale, et la même opération fut appliquée à des chiens normaux avec un fluide hypotonique à basse teneur en sodium. Au cours des deux types d'expériences, on constata l'apparition d'un gradient osmotique transitoire entre le plasma et les tissus cérébraux et, comme on pouvait s'en douter, une diminution rapide de la teneur en urée

ou en sodium du plasma amenait une diminution un peu plus lente des teneurs correspondantes dans les tissus cérébraux.

Chez presque tous les animaux ainsi traités, il y eut une apparition d'oedème cérébral significative. Cependant, leurs caractéristiques chimiques étaient tout à fait différentes de celles des oedèmes traumatiques décrits ci-dessus. La teneur en eau du cortex cérébral et de la matière blanche augmentèrent de façon équivalente et en moyenne fut égale pour les deux tissus, à un gonflement de 15%. En même temps, la teneur de ces tissus en sodium et potassium resta à des valeurs normales et le rapport entre ces deux éléments demeura inchangé. Ces résultats indiquent que le fluide ne contenait pas d'electrolytes. L'oedème résultait apparemment de suintements d'eau, eux-mêmes provoqués par le déséquilibre osmotique entre le plasma et les tissus cérébraux du à l'hémodialyse. On peut ainsi définitivement en conclure que l'oedème par osmose est un phénomène radicalement différent de l'oedème traumatique.

Les expériences de dialyse ont permi de démontrer clairement que le diagnostic de l'oedème cérébral par le symptôme de l'augmentation de la pression du fluide cérébrospinal était une erreur. Comme nous l'avons déja dit, l'oedème cérébral n'est pas une caractéristique constante dans l'opération d'hémodialyse, bien qu'une élévation significative de la pression du fluide cérébrospinal ait été observée invariablement. On ne peut pas établir de corrélation entre cette élévation et la présence d'oedème cérébral ou son importance lorsqu'elle était présente. D'un autre côté, il nous fut possible de démontrer que l'hémodialyse seulement un effet minime sur la teneur en urée ou sodium du fluide cérébrospinal, teneur qui dépend de la préparation utilisée. Dans nos conditions experimentales un gradient osmotique entre le plasma et le fluide cérébrospinal qui fut toujours plus grand et plus prolongé que le gradient correspondant entre le plasma et le tissu cérébral. Ce gradient entre les deux fluides est la cause probable d'un mouvement de l'eau dans le fluide cérébrospinal et de l'augmentation de la pression que nous y avons toujours enregistrée.

Nous n'avons que très peu de renseignements sur le phénomène de la barrière hemo-encephalique dans le cas des oedèmes par osmose. Selon une mention très courte figurant dans une série d'observations non publiées, il est indiqué que la perméabilité des vaisseaux cérébraux au trypan bleu n'augmente pas.

Les caractéristiques ultrastructurelles de ce type d'oedème n'ont pas été étudiées de façon extensive, bien qu'il ait été signalé la présence d'astrocytes gonflés dans le cortex cérébral de lapins ayant subis des injections d'eau distillée. On devrait s'attendre théoriquement, dans le cas de l'oedème par osmose, à ce que tous les éléments cellulaires soient atteints. Si les astrocytes sont, en fait, les premiers touchés, c'est une preuve supplémentaire du rôle qu'ils jouent en ce qui concerne le métabolisme des tissus cérébraux du point de vue de l'eau et de l'électrolyte et la maintenance de l'homéostasis des neurones. D'autres expériences seront nécessaires pour éclaircir ces points.

LES EFFETS DE L'HYPOXIE ET DE L'INFARCTION CÉRÉBRALE EXPÉRIMENTALE. — La sensibilité du cerveau au manque d'oxygène est bien connue, elle est caractérisée par une dégénérescence étendue et la nécrose des cellules nerveuses accompagnée d'une prolifération des cellules gliales. On a souvent dit, et cela était généralement admis, qu'un oedème cérébral accompagne toujours l'anoxie du cerveau. Cependant, l'expérience ne confirme pas cette assertion.

Changes characteristic of various types of experimental cerebral edema.

Edema induced by:	Permeability to				White matter				Cerebral cortex				Fine structure characteristics	
	Trypan blue	RISA FLP	$S^{35}O_4$	Na^{24}	Water	Na	K	Na/K	Water	Na	K	Na/K	White matter	Cerebral cortex
Trauma freezing occipital removal focal inflammatory edema (PPD implant) tumor implantation expansion of extradural balloon	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	Swollen glia. Abnormal extracellular spaces	Swollen glia.
Triethyltin intoxication	—	—	—	↓	↑	↑	↓	↑	—	↑	—	↑	Mildly swollen glia Accumulation of fluid within intramyelenic vacuoles	Mildly swollen glia
Osmotic gradient post-dialysis swelling water infusion	—				↑	—	—	—	↑	—	—	—		Swollen glia
Hypoxia alone	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	Perivascular demyelination	Neuronal fall-out
with hypercapnea	—	—		↑	—	—	—	—	—	—	—	—		
metabolic poisons, e.g. CN														
Exptl. cerebral infarction (carotid ligation with anoxic exposure)	↑				(whole brain) ↑	↑	↓	↑						Swelling and degeneration of vascular endothelium, glia & neurons

Legend: ↑ Increase ↓ Decrease — No change

RISA - I^{131} serum albumin

FLP - Fluorescein-labelled serum protein

Variations caractéristiques de divers types d'oedème cérébral. Pour les références du tableau, se reporter à la bibliographie.

Dans notre laboratoire, nous avons soumis des chats pendant plusieurs heures à une hypoxie sévère au cours de laquelle la saturation du sang en oxygène était de 30% de la normale. Dans certaines expériences, cette hypoxie était également accompagnée d'une sévère acidosis respiratoire. Dans tous les cas, les teneurs de la matière blanche et du cortex cérébral en eau, en sodium et en potassium restèrent à des valeurs normales, bien que les animaux aient montré des signes neurologiques anormaux. Ainsi, nous en avons conclu que l'oedème cérébral ne résultait pas d'un manque systématique d'oxygène. L'augmentation de la pression du fluide cérébrospinal que l'on constate chez les animaux en état d'hypoxie et d'hypercapnie est probablement due à la dilatation des vaisseaux sanguins cérébraux.

Les études d'autres chercheurs à l'aide de trypan bleu et par le marquage de la protéine du sérum montrèrent que la barrière hemo-encephalique n'était pas endommagée par l'hypoxie, avec ou sans hypercapnie, bien que dans ce dernier cas, le taux de rétention par le cerveau du sodium présent dans le sang était notablement augmenté.

Avec le modèle expérimental d'infarction cérébrale, plusieurs études ont été menées qui permettent de penser que l'oedème cérébral est causée par d'autres facteurs que la privation d'oxygène et que l'hypoxie n'est pas seule responsable. Il est possible de produire expérimentalement une lésion anoxique et ischemique sur le rat en lui ligaturant la carotide d'un seul côté et en le mettant en état d'anoxie. Ces deux expériences, quand elles sont faites séparément, n'ont pas d'effet sur la teneur en eau du cerveau, mais si elles sont faites ensemble, on constate quelques heures après, l'apparition d'une l'oedème cérébral dans l'hémisphère qui correspond à la ligature. L'augmentation de la teneur en eau de cet hémisphère s'accompagne d'une augmentation de la teneur en sodium et d'une diminution de la teneur en potassium. Cette dernière diminue d'une façon plus extensive que dans l'oedème traumatique. En même temps, la barrière hemo-encephalique est endommagée ainsi qu'on peut le voir par l'augmentation de la rétention de trypan bleu. Ce type d'oedème cérébral est toujours associé à des nécroses du tissus cérébral et à des changements ultrastructurels de l'endothélium capillaire. On peut dire que ce type d'oedème est semblable à l'oedème traumatique car ce sont les éléments vasculaires du cerveau, et principalement les capillaires, qui sont touchés. Les variations chimiques sont les mêmes, bien que des effets s'exercent directement sur d'autres types de cellules parallèlement au mécanisme de l'oedème. Par exemple, la perte extensive de potassium dans les tissus cérébraux dont nous parlions ci-dessus peut être due à la nécrose des neurones.

Conclusion. — Les variations caractéristiques de divers types d'oedemes cérébraux expérimentaux, sont résumées sur le tableau 1. Ces données résultent d'études extensives menées par de nombreux chercheurs: elles représentent les étapes les plus marquantes des progrès obtenus au cours de la dernière décennie dans le domaine de la recherche sur l'oedème cérébral.

Montreal, The Donner Laboratory of Experimental Neurochemistry, Montreal Neurological Institute and McGill University.

H. M. Pappius, Ph. D.

(Traduit par D. Cardot - Gif-sur-Yvette)

BIBLIOGRAPHIE

On trouvera une bibliographie complète de l'oedème cérébral dans:

BAKAY L. and LEE J. C., 1965. - *Cerebral Edema.* Charles C. Thomas, Publ.
KLATZO I., 1967. - Presidential Address - *Neuropathological Aspects of Brain Edema.* J. Neuropath. Exptl. Neurol. 26 : 1-14.
KLATZO I. and SEITELBERGER F. (Editors), 1967. - Brain Edema - *Proceedings of the Symposium.* Springer-Verlag, New York Inc. Publ.

Les données du tableau I sont extraites des publications suivantes:

ALEU F. P., KATZMAN R. and TERRY R. D., 1963. - *Fine Structure and Electrolyte Analyses of Cerebral Edema Induced by Alkyl Tin Intoxication.* J. Neuropath. Exptl. Neurol., 22 : 403-413.
BAKAY L., 1965. - *Failure of Trypan Blue to Penetrate Into Osmotically Swollen Brain.* Unpublished Observation. Quoted in Bakay, L. and Lee, J. C. Opus cited p. 62.
BAKAY L. and BENDIXEN H. H., 1963. - *Central Nervous System Vulnerability in Hypoxic States: Isotope Uptake Studies.* In: Selective Vulnerability of the Central Nervous System in Hypoxaemia. Ed. W. H. McMenemey and J. F. Schade, Oxford Blackwell Scient. Publ. p. 63-78.
CLASEN R. A., COOKE P. M., PANDOLFI S., CARNECKI G. and BRYAR G., 1965. - *Hypertonic Urea in Experimental Cerebral Edema.* Arch. Neurol., 12 : 424-434.
GONATAS N., ZIMMERMAN H. M. and LEVINE S., 1963. - *Ultrastructure of Inflammation with Edema in the Rat Brain.* Amer. J. Path, 42 : 455-469.
HERZOG I., LEVY W. A. and SCHEINBERG L. C., 1965. - *Biochemical and Morphological Studies of Cerebral Edema Associated with Intracerebral Tumors in Rabbits.* J. Neuropath. Exptl. Neurol., 24 : 244-255.
HILLS C. P., 1964. - *The Ultrastructure of Anoxic-Ischaemic Lesions in the Cerebral Cortex of the Adult Rat Brain.* Guy's Hosp. Rep., 113 : 333-348.
KATZMAN R., ALEU F. and WILSON C., 1963. - *Further Observations on Triethyltin Edema.* Arch. Neurol., 9 : 178-187.
KATZMAN R., GONATAS N. and LEVINE S., 1964. - *Electrolytes and Fluids in Experimental Focal Leukoencephalopathy.* Arch. Neurol., 10 : 58-65.
KLATZO I., MIGUEL, J. and OTENASEK R., 1962. - *The Application of Fluorescein-Labelled Serum Proteins (FLSP) to the Study of Vascular Permeability in the Brain.* Acta. Neuropath., 2 : 144-160.
LONG D. M., HARTMANN J. F. and FRENCH L. A., 1966. - *The Ultra-structure of Human Cerebral Edema.* J. Neuropath. Exptl. Neurol., 25 : 373-395.
LUSE S. A. and HARRIS B., 1961. - *Brain Ultrastructure in Hydration and Dehydration.* Arch. Neurol., 4 : 139-153.
MAGEE P. N., STONER H. B. and BARNES J. M., 1957. - *The Experimental Production of Edema in the Central Nervous System of the Rat by Triethyl Tin; Compounds.* J. Path. Bact. 73 : 107-124.
PAPPIUS H. M., 1965. - *The Distribution of Water in Brain Tissues Swollen* In Vitro *and* In Vivo. In: Progress in Brain Research, Vol. 15, p. 135-154. De Robertis, E.D.P. and Carrea, R. (Editors).
PAPPIUS H. M., 1967. - *Biochemical Studies on Experimental Brain Edema.* In Brain Edema - Proceedings of the Symposium. Klatzo, I. and Seitelberger, F. (Editors). Springer-Verlag, New York Inc. (Publ.).
PAPPIUS H. M., 1967. - *Effect of Hypoxia on Water and Electrolyte Content of Brain Tissues.* Unpublished observations.
PAPPIUS H. M. and DAYES L. A., 1965. - *Hyperlonic Urea. Its Effect on the Distribution of Water and Electrolytes in Normal and Edematous Brain Tissues.* Arch. Neurol., 13 : 395-402.
PAPPIUS H. M. and GULATI D. R., 1963. - *Water and Electrolyte Content of Cerebral Tissues in Experimentally Induced Edema.* Acta Neuropath., 2 : 451-460.
PAPPIUS H. M., OH J. H. and DOSSETOR J. B., 1967. - *The Effects of Rapid Hemodialysis on Brain Tissues and Cerebrospinal Fluid of Dogs.* Can. J. Physiol. Pharmacol., 45 : 129-147.
PLUM F., POSNER J. B. and ALVORD E. C., 1963. - *Edema and Necrosis in Experimental Cerebral Infarction.* Arch. Neurol., 9 : 563-570.
RAIMONDI A. J., EVANS J. P. and MULLAN S., 1962. - *Studies of Cerebral Edema: III. Alterations in the White Matter; An Electron Microscopic Study Using Ferritin as a Labelling Compound.* Acta Neuropath., 2 : 177-197.
SPECTOR R. C., 1963. - *Water Content of the Brain in Anoxic-Ischaemic Encephalopathy in Adult Rats.* Brit. J. Exp. Path., 42 : 623-630.

Copyright by
Rivista "SCIENTIA" Editrice
Sede legale - Milano, Via Donizetti 55
Registrata presso la Cancelleria del Tribunale di Milano col N. 1276
NORA BONETTI - *Direttore Responsabile*

ODAG - OFFICINA D'ARTI GRAFICHE - MILANO

SUPPLÉMENT

Traductions Françaises

des articles dont le texte original n'est pas en langue française.
(Chaque traduction a été revisée par l'Auteur).

PÉRIODICITÉ DES TREMBLEMENTS DE TERRE ET PERIODICITÉ DES SUICIDES, EN CORRÉLATION AVEC LES VARIATIONS DES FORCES DE GRAVITATION DE LA LUNE ET DU SOLEIL

Après plusieurs décennies d'étude des influence climatériques sur l'homme, nous présentons le début d'une analyse des effets des forces extra-terrestres (luni-solaires) sur la Terre et ses habitants. En étudiant l'instant d'apparition de 4096 séismes importants, enregistrés de 1904 à 1963, on trouve que ces instants sont reliés d'une manière significative aux phases de la Lune, à la longueur du mois anomal, à la latitude terrestre de l'épicentre et aux variations de la force luni-solaire en un point donné de la surface terrestre, (ceci surtout aux latitudes proches de l'équateur), à mesure que la Terre subit la rotation correspondant au jour lunaire. Il semble également que ces mêmes forces aient une influence directe sur l'homme, comme l'indique une corrélation analogue, mais légèrement plus faible, entre les phases de la Lune et les suicides à Cincinnati. A cette latitude les effets luni-solaires sur l'instant d'arrivée des séismes sont nettement moindres également. Des études actuellement en cours indiquent une corrélation significative entre les phases de la Lune et les accidents de la circulation automobile à Cincinnati: il serait souhaitable que ces recherches, comme celles qui concernent les suicides soient reprises à des latitudes plus proches de l'Equateur.

Je m'intéresse vivement, depuis plusieurs décennies, à la Terre en tant que support de l'habitat humain et à l'influence sur le comportement et la santé de l'homme des variations du climat et de la météorologie [1]. J'ai entrepris, au cours des dernières années, une étude attentive des forces extra-terrestres dont les effets cachés se font sentir sur les continents et les mers de notre globe. Depuis la plus haute antiquité, l'homme attribue au Soleil, à la Lune et aux étoiles de puissantes influences sur la Terre et ses habitants. Cependant, nos savants manifestent leur scepticisme à propos de la réalité des influences attribuées aux corps célestes. Mais le résultat des expériences systématiques que ces mêmes savants entreprennent, engendre une incertitude croissante. L'impact des forces extraterrestres sur l'existence de l'homme est peut-être plus profond que ne le pense la science moderne.

Ainsi, la présente étude a été menée en vue d'élargir notre connaissance des forces qui affectent l'environnement de l'homme. C'est seulement lorsque ces forces et leurs effets sur les continents, les mers et l'air de notre globe seront bien connues que nous pourrons aborder intelligemment le problème de leurs influences subtiles et complexes sur l'homme lui-même.

Le premier article écrit de cette série, traitait de l'influence des forces de gravitation de la Lune et du Soleil sur la formation des anticyclônes de l'hémisphère Nord, qui déterminent le climat de l'Amérique septentrionale dans ses latitudes moyennes et inférieures [2]. Un deuxième article, en cours d'éxécution, traite de l'influence de ces mêmes forces dans la formation des dépressions cyclôniques de la région tropicale: cyclônes, typhons, ouragans.

LES PHASES DE LA LUNE SONT LIÉES DE FAÇON SIGNIFICATIVE À LA PÉRIODICITÉ DES SÉISMES. — La première partie du présent article représente le début d'une définition de l'action de ces forces sur la croûte terrestre par l'utilisation de la périodicité des séismes dont les variations sont peut-être les meilleurs indicateurs des dites forces. 4096 séismes ont été enregistrés depuis 1904. On note une corrélation étroite entre la périodicité de ces séismes et les phases lunaires, spécialement la pleine et la nouvelle lune au contraire des quadratures. On sait maintenant que l'alternance des forces minimales et des forces maximales de la gravitation luni-solaire est en relation étroite avec la périodicité des séismes de la même façon qu'elle est en relation avec la formation des perturbations météorologiques de l'hémisphère Nord. On connait depuis longtemps l'influence de cette alternance sur les marées.

Les effets de l'attraction lunaire sur la surface de la terre passent par un maximum lorsque la lune est à son périgée. Cette force est alors plus grande d'environ un tiers que celle correspondant à l'apogée. Elle est renforcée, au cours de la pleine et de la nouvelle lune, par la force de gravitation du Soleil, ces deux forces agissant alors dans le même plan. Au contraire, durant les quadratures, ces forces agissent selon des plans perpendiculaires et leurs effets passent alors par un minimum. La force d'attraction du Soleil sur la Terre est, en moyenne, de 46% de celle de la Lune. Les forces de gravitation de la Lune et du Soleil ont un effet maximal à l'équateur, moindre aux latitudes plus élevées et complètement inversé aux pôles où sa valeur est négative. Au cours de sa rotation en 24 heures, un point quelconque de la région équatoriale subit l'effet de la gravitation luni-solaire de la façon suivante: la force est maximale pour le passage supérieur et pour le passage inférieur de la Lune, sa valeur est négative pour les points intermédiaires. On peut considérer, comme une hypothèse de travail, la possibilité d'ondes de distorsions engendrées par les minimums et les maximums alternés de ces forces de gravitation. Ces ondes de distorsion agissant sur la croûte terrestre pourraient contribuer au déclenchement des séismes.

Les éléments statistiques utilisés dans le présent article proviennent de sources différentes: le calendrier des phases lunaires a été extrait des Tables d'Ephémérides Américaines et de l'Almanach Nautique [3], la liste des séismes de 1904 à 1946 provient des tableaux 17 et 18 publiés dans le livre de GUTENBERG et RICHTER, *Seismicity of the earth* [4], la liste des séismes de 1947 à 1963 inclusivement figure dans les numéros annuels de « U.S. Earthquakes » publication de la « U.S. Coast and Geodetic Survey ». Ces éléments permettent d'établir une liste de 4096 séismes classés chronologiquement selon leurs épicentres avec, en regard, la phase lunaire correspondante.

La longueur du mois lunaire synodique varie légèrement et celle du mois lunaire anomal est comprise entre 24 et 29 jours de périgée à périgée. Il a donc été nécessaire de calculer et de noter la phase lunaire correspondant à chaque jour de la période comprise entre 1904 et 1963. On a établi un diagramme de répartition donnant les 21882 jours de phase lunaire répartis sur la totalité de la période en fractions égales de 0,05 mois, horizontalement pour les mois synodiques et verticalement pour les mois anomaux. Le diagramme de répartition ainsi préparé, contenait 400 cellules dans lesquelles on a placé le nombre de jours de phases lunaires et le nombre de séismes enregistrés.

Au fur et à mesure que les données s'accumulaient, il est devenu évident que deux facteurs influaient considérablement le déclenchement des séismes.

C'était d'abord les périodes de pleine ou de nouvelle lune par rapport aux quadratures et ensuite la longueur du mois lunaire anomal, de périgée à périgée. A deux reprises, pour chaque passage de la lune d'un méridien solaire à l'autre, la longueur du mois lunaire anomal varie lentement de 24 à 29 jours et 24 jours à nouveau. L'orbite de la lune est alors moins elliptique et sa distance *moyenne* à la terre est moindre à l'extrémité la plus courte du cycle et plus grande à l'autre extrémité. Bien que la distance lune-terre soit plus longue au périgée lunaire pour un mois anomal court, la distance *moyenne* de l'orbite lunaire à la terre est alors la plus courte et l'effet gravitationnel *moyen* plus grand pour les mois les plus courts.

Afin de savoir si ces différences entre mois avaient une influence sur la périodicité des séismes, on a établi des diagrammes de répartition (selon la méthode ci-dessus) pour les mois anomaux de longueur comprise entre 24 et 26 jours, pour ceux de 27 jours, ceux de 28 jours placés entre un mois de 27 jours et un mois de 29 jours, et enfin pour ceux de 29 jours et ceux de 28 jours placés entre deux mois de 29 jours dont l'apparition se produit parfois au cours du même cycle. La longueur de ces mois anomaux fut calculée à un jour entier près.

On trouve sur la table 1 les données fondamentales et les probabilités de relations. On note l'apparition de deux relations significatives. La première concerne les mois anomaux de longueur 24 à 26 jours, où les séismes apparaissent de préférence au cours d'une période de 0,2 mois centrée sur la pleine ou la nouvelle lune où les probabilités sont plus fortes que pour les quadratures. La seconde concerne la probabilité d'apparition d'un séisme, qui étant la plus élevée pour la pleine et la nouvelle lune des mois anomaux courts, diminue régulièrement au fur et à mesure que la longueur de ces mois augmente. Par conséquent, il est fort probable que la périodicité des séismes est reliée de façon significative à l'influence de la phase lunaire. Cette relation passe par un maximum quand l'influence première de la Lune est renforcée par celle du Soleil, lors de la pleine et de la nouvelle lune et durant les mois anomaux courts de chaque année pendant lesquels l'orbite lunaire autour de la terre est la moins elliptique et sa distance *moyenne* à la terre la plus réduite.

LES LATITUDES TERRESTRES ONT UNE INFLUENCE SIGNIFICATIVE SUR LA PÉRIODICITÉ DES SÉISMES. — Naturellement, s'il existe une influence des effets gravitationnels de la Lune et du Soleil sur la périodicité des tremblements de terre, comme nous l'indiquons ci-dessus, les différences dues à la latitude dans l'intensité et la direction de ces forces sur la croûte terrestre doivent également jouer leur rôle. On sait que cette intensité et cette direction varient suivant la latitude du lieu où elles s'exercent. La figure 1 illustre l'inversion dans la direction de ces forces, inversion qui se produit entre les latitudes équatoriales et les latitudes polaires. Le recensement des séismes, classés selon leur latitude et leur phase lunaire (voir table 2), met en valeur l'influence de la latitude spécialement dans le cas des mois anomaux courts (24 à 26 jours).

Comme on peut le penser, si cette relation d'association est vraie, la périodicité des séismes équatoriaux (épicentres à 10° au plus de l'équateur) serait en relation étroite avec les phases lunaires: rares durant les quadratures, ces séismes seraient plus fréquents à la pleine et à la nouvelle lune des mois anomaux courts (24 - 26 jours). Cette relation s'affaiblirait au fur et à mesure

que l'on s'éloigne de l'équateur pour s'inverser légèrement au latitudes moyennes où les forces luni-solaires s'exercent à l'horizontale sur la croûte terrestre et enfin revenir à des valeurs positives aux pôles. On peut faire les mêmes constatations pour les mois anomaux de durée moyenne mais dans ce cas la relation est moins marquée et sans signification mathématique, elle semble même être essentiellement aléatoire dans le cas des mois anomaux longs.

Ainsi que l'on peut le voir sur la figure 2 pour les séismes équatoriaux, il semblerait que leur périodicité soit également liée à certaines phases de l'orbite lunaire durant les mois anomaux courts. Cependant la fréquence maximale ne correspondrait pas au périgée mais à deux points intermédiaires situés entre le périgée et l'apogée c'est à dire deux fois dans le mois, aux moments correspondant à la variation rapide, croissante ou décroissante, de la force luni-solaire.

Pour approfondir ces relations, on distingue ensuite les séismes dont les épicentres sont situés à 30° de l'équateur et qui se produisent pendant les mois anomaux courts. On a classé ces séismes suivant la latitude de leurs épicentres (à un degré près) et suivant le déclinaisons de la Lune et du Soleil calculée pour le milieu du jour où se produit le séismes. La table 3 résume les résultats obtenus et les notes expliquent la méthode adoptée. On peut voir dans ce cas que les séismes apparaissent de préférence au cours du quart de mois lunaire correspondant à la nouvelle lune pour autant que la déclinaison lunaire ne soit pas supérieure à 10° par rapport à la latitude de l'épicentre et que la déclinaison du soleil ne diffère pas de plus de 10° de celle de la lune. Cette dominance de la nouvelle lune persiste lorsque ces différences atteignent 15° mais elle est beaucoup moins marquée pour des différences de 20° et entre 20 et 30° cette dominance n'apparait plus. Au delà de 30° elle est centrée sur la pleine lune, ce qui est un phénomène encore inexpliqué.

La rotation de la Terre produit aussi des effets sensibles sur la périodicité des séismes calculée d'après le jour lunaire. — Si l'on regarde la figure 1, il est évident que la rotation de la Terre pendant le jour lunaire amène sous l'influence des forces luni-solaire chaque point des régions équatoriales sans préférence pour une région particulière. Pour vérifier celà, il a été nécessaire de calculer le jour lunaire correspondant aux 159 séismes dont les caractéristiques étaient les suivantes: apparition du séisme durant un mois anomal court (24-26 jours), latitude de l'épicentre inférieure à 10°. La figure 3 montre la distribution de la fréquence sismique en fonction du cadran horaire lunaire. Il est de nouveau évident que chaque point des régions équatoriales doit subir quatre inversions de l'intensité des forces luni-solaires au cours de la rotation de la Terre pendant le jour lunaire. Ces inversions se produisent au cours du passage inférieur de la Lune, de son passage supérieur et des deux passages aux points intermédiaires de l'orbite. Lorsque ces inversions se produisent, on constate une augmentation de la fréquence des séismes pendant l'heure correspondante et au cours des deux heures suivantes dans la phase considérée. La comparaison entre cette fréquence et celle qui correspond aux trois heures précédant les inversions dans une phase donnée permet d'obtenir un rapport qui, du point de vue des probabilités, n'a qu'une seule chance sur cent d'être le résultat du hasard seul.

Pour résumer rapidement les relations entre la présence des forces luni-

solaires et la périodicité des séismes, on peut dire que les phases lunaires synodiques et anomales exercent une influence significative sur l'apparition des séismes. Ces derniers se produisent moins souvent aux quadratures et durant les mois anomaux les plus longs. Leur fréquence est plus élevée à la nouvelle ou à la pleine lune des mois anomaux les plus courts lorsque la force gravitationnelle *moyenne* de la Lune sur la croûte terrestre est la plus forte. La périodicité des séismes s'accorde à la latitude de l'épicentre c'est à dire aux composantes des forces gravitationnelles: influence très marquée à l'équateur, disparition aux latitudes moyennes, réapparition de valeurs légèrement positives aux pôles. Une autre relation significative concerne également le déclenchement des séismes en fonction de l'heure lunaire (cette relation est peut-être aussi fonction de la latitude) où, sur le cadran, chaque inversion des forces luni-solaires semble engendrer dans les trois heures qui suivent une épidémie de séismes. Il semblerait que ces brusques inversions de forces, beaucoup plus que leurs intensités réelles, soient peut-être le facteur le plus influent.

LES PHASES DE LA LUNE SONT ÉGALEMENT EN CORRÉLATION AVEC LA PÉRIODICITÉ DES SUICIDES. — Les suicides ont été choisis comme l'exemple de ce qui est, peut-être, la réaction la plus significative de l'homme aux variations de phases des attractions lunaire, et solaire. Un degré de corrélation quelconque entre les suicides et les phases de la Lune se révèlerait, peut-être, même plus élevé dans le cas d'actes plus ou moins définitifs tels que les tentatives de meutres, les meutres, les accidents de la route, de la maison, du travail, les dépressions nerveuses, les exploits scolaires ou les troubles mentaux ou psychiatriques. Il est moins vraisemblable que les changements de lune puissent engendrer des variations sensibles des fonctions physiques non associées au système nerveux central, bien que l'absence de toute preuve pour ou contre laisse la question entière.

Les constats de suicide du Coroner du Comté de Hamilton, Ohio, ont été examinés et dépouillés et l'on a pu en retenir 5534 pour lesquels le jour du suicide était connu (ce jour étant parfois distinct de celui de la mort). On appliqua à cette liste de suicides la même technique que pour les séismes et les résultats obtenus ont été résumés sur la Table 4. On s'aperçut de même qu'il existait deux relations significatives. La première est que les suicides se produisent de préférence à la pleine ou à la nouvelle lune plutôt qu'aux quadratures, mais seulement durant les mois anomaux de longueur moyenne. Deuxièmement, le nombre total de tels actes par fraction de 100 jours est nettement plus élevé pour les mois anomaux de durée intermédiaire que mois les plus longs mais non que pour les mois les plus courts. Cette différence est hautement significative du point de vue mathématique lorsque l'on considère la fréquence des suicides à la nouvelle ou à la pleine lune pour les mois anomaux de longueur intermédiaire et qu'on la compare à celle des mois plus longs ou plus courts (voir les chiffres au bas de la table 4). Une étude statistique plus poussée permettrait d'indiquer de façon encore plus précise quelle est la longueur du mois anomal qui présente la corrélation la plus étroite avec la périodicité des suicides.

On doit se rappeller que cette étude fut entreprise à Cincinnati, Ohio, à une latitude de 39,8° N c'est à dire à une latitude moyenne où l'on a constaté (Table 2) que les séismes étaient le moins soumis à l'influence des phases

de la Lune. Il serait très intéressant d'entreprendre une étude de ce genre dans une région équatoriale disposant de statistiques exploitables. Car il faut souligner que, mêmes avec les statistiques de Cincinnati, on ne peut préciser l'heure du suicide que pour un petit nombre de cas.

Discussion générale et conclusion. — A l'heure actuelle, une étape de plus a été accomplie sur la voie de la définition des forces extraterrestres agissant sur la Terre et ses habitants. Une fois de plus, les méthodes scientifiques modernes ont vérifié les croyances et les paroles des sages de l'antiquité. L'impact des forces lunaires et des forces solaires se fait sentir non seulement sur les océans et l'atmosphère, mais aussi sur la croûte terrestre et ses habitants. Il serait nécessaire d'étudier les autres réaction humaines à ces forces, en particulier celles qui se rattachent aux fonctions du cerveau. Il faudrait également des études en laboratoire pour séparer les effets des variations de la pesanteur de ceux imputables à la pression atmosphérique et à l'oxygénation.

D'après les résultats que nous avons exposés dans cet article et qui se rapportent à la relation entre les suicides et les phases de la Lune, il semblerait de la plus grande importance d'entreprendre des études approfondies de l'influence similaire que peuvent avoir sur les individus les trajets effectués dans les ascenseurs des gratte-ciels modernes. Un ou deux de ces trajets quotidiens peuvent provoquer des variations de la gravitation peut-être plus importantes que les quatre variations d'un jour de nouvelle lune. Les équipages d'avions à réaction sont soumis à des variations identiques à chaque vol et l'on pense que ces changements de pesanteur ne sont pas étrangers aux catastrophes lors des approches d'aérodromes et des atterrissages, bien que l'absence de statistiques ne permette pas de l'affirmer catégoriquement. On souhaite que ce facteur de l'environnement de l'homme soit soigneusement étudié lors des voyages interplanétaires et que ses effets subtils sur l'homme lui-même soient analysés. Qui sait si ces forces luni-solaires ne contribuent pas à entretenir, lors de leurs quatre inversions quotidiennes, des dispositions changeantes et instables chez les habitants des régions tropicales, latitudes où leurs effets sont les plus puissants?

Cincinnati, University, Emeritus Professor of Experimental Medicine.

C. A. Mills

(Traduit par D. Cardot - Gif-sur-Yvette)

BIBLIOGRAPHIE

[1] Mills, Clarence A. - *Medical climatology.* C. C. Thomas, Springfield, Ill., 1939. — *Climate makes the man.* Harper & Bros., New York, 1942. — *Temperature dominance over human life.* Science, *110*, pp. 267-271, 1949. — *World power amid shifting climates.* Christopher, Boston, 1963.

[2] Ibid. - *Extra-terrestial factors in the initiation of North American polar fronts.* Monthly Weather Review, *94*, pp 313-318, May, 1966.

[3] *The american ephemeris and nautical almanac*, pub. annually by Nautical Almanac Office, U.S. Naval Observatory, Washington.

[4] *Siesmicity of the earth*, by B. Gutenberg & C. F. Richter, pub. by Princeton University Press, Princeton, N.J., 1949.

LA BIORYTHMICITÉ "ENDOGÊNE" REVUE À LA LUMIÈRE DE PREUVES NOUVELLES

On démontre qu'un système vivant possède une variation diurne moyenne dans son métabolisme, géophysiquement dépendante et annuellement modulée. D'autres preuves ont indiqué qu'un vaste éventail d'espèces de plantes et d'animaux montrent une sensibilité pleinement comparable à l'égard du milieu physique dans lequel elles baignent. Puisque des organismes maintenus dans des « conditions » supposées jusqu'ici « constantes » sont constamment informés de l'écoulement du temps en termes d'angles de phase dans les cycles naturels de leur milieu terrestre, on n'est plus contraint de postuler, comme la majorité des biologistes ont choisi de croire qu'il était nécessaire de le faire, que les rythmes « endogènes » présupposent des horloges intra-organiques, mesurant indépendamment et avec sûreté les durées approximatives des jours, mois et années. Une autre explication est disponible.

Des rythmes biologiques persistants, ou endogènes, diurnes, de marée, mensuels, et même annuels dans la régularité soigneusement contrôlée de facteurs évidemment rythmiques de l'environnement tels que la lumière, la température, et les marées des océans semblent très répandus chez les animaux et dans les plantes. Le remarquable caractère adaptatif de ces rythmes pour l'ajustement des objets animés à leur environnement terrestre rythmique est évident en soi. Leur propriété extraordinaire de maintenir une période sans changement en dépit de grandes différences dans la température ou l'action de substances modifiant substantiellement le taux métabolique général a été fréquemment citée en tant que preuve du caractère hautement spécialisé du système d'ajustement, de quelque sorte qu'il soit, qui est impliqué. On a généralement admis que, puisque l'organisme montre ces périodes dans les conditions invariables de chaque facteur auquel on sait qu'ils sont sensibles, un système de réglage pleinement autonome à l'intérieur de chaque organisme individuel doit être à l'oeuvre pour mesurer les durées de ces périodes avec une précision considérable.

Il demeurait clair, cependant, que si l'on voulait vraiment démontrer que les systèmes rythmiques des organismes étaient totalement indépendants de l'environment rythmique, qu'il serait nécessaire d'assurer l'absence complète de toute alimentation physique périodique aux organismes. Si une alimentation physique périodique, à laquelle les organismes fussent sensibles, était présente, théoriquement alors, celle-ci pourrait être le régulateur primaire d'un système-« horloge » responsable de la régulation des rythmes biologiques observés, même ceux avec des fréquences un peu différentes de tous ceux géophysiques, tels qu'on les voit communément pour les rythmes « circadiens » (de pas exactement 24 heures). Etant donné, par exemple, une bonne montre ou horloge indiquant le temps du jour, il est très facile de synthétiser une période circadienne. Pour régler une période circadienne de 24h 1/4, par exemple, tout ce que l'on a besoin de faire c'est de faire partir l'événement récurrent 15 minutes après chaque période de 24 heures mesurée avec une horloge, et pour chronométrer un rythme circadien de 23 heures seulement de le faire

débuter une heure plus tôt. Avec la même horloge de 24 heures, par conséquent, on peut directement régler toute période circadienne que l'on désire. En d'autres termes, on peut effectuer ce qui, manifestement, est une transformation de fréquence. Mais en partant sans une telle horloge ou montre, le problème de réglage d'un rythme circadien régulier est d'une importance beaucoup plus grande.

On rencontre communément dans les systèmes vivants des rythmes circadiens avec des périodes s'écartant légèrement (jusqu'à $\pm$ 5 heures) de 24 heures. Ils sont aisément induits par l'imposition d'un régime cyclique expérimental lumière-obscurité, avec une période un peu plus longue ou plus courte que 24 heures. On les observe comme transitoires chez un organisme pendant quelques jours, comme conséquence d'un transfert rapide géographique est-ouest. Ils se manifestent ordinairement lorsqu'un organisme est maintenu dans une illumination et une température uniformes continues.

Mais tandis qu'il y a un accord général sur ce que les rythmes diurnes normaux des organismes peuvent, dans certaines conditions, modifier leur période légèrement et devenir circadiens, il n'y a pas de certitude semblable, ni non plus d'accord sur ce que les régulateurs des rythmes circadiens deviennent également circadiens dans ces conditions. Sur cette dernière question tourne un point très fondamental et important pour le problème du rythme circadien.

Il est incontestable que les cycles de 24 heures dans des facteurs aussi manifestes que la lumière et la température peuvent déterminer, ou rétablir, adaptativement les changements rythmiques quotidiennement évidents chez les créatures vivantes, et, en effet, ils les rétablissent réellement en fonction des déplacement géographiques. Cependant, il n'y a pas d'unanimité comparable en ce qui regarde les rythmes si exactement réglés afin de leur permettre de continuer régulièrement, lorsque les organismes sont dépourvus de changements rythmiques dans tous les facteurs ambients évidents. Ce système inconnu est appelé l'« horloge biologique ». Certains postulent qu'une fine alimentation continue, géophysique, de 24 heures règle ces « horloges » et les rythmes de 24 heures observés dans la Nature sont ceux que les conditions ambiantes ont *permis* de refléter directement la période des horloges. C'est là l'hypothèse du régulateur *exogène*. D'autres postulent qu'une rythmicité autonome très stable possédée indépendemment par tout organisme individuel, différant habituellement quelque peu de 24 heures, est ce qui règle les « horloges » et que les rythmes de 24 heures observés dans la Nature sont des rythmes *renforcés*, dépendant d'un réglage quotidien régulier par des rythmes naturels tels que ceux dans l'illumination. C'est là l'hypothèse du régulateur *endogène*. Théoriquement, on peut expliquer la plupart des aspects de la rythmicité circadienne en termes de l'une ou l'autre de ces hypothèses alternatives. Cependant, on ne peut pas exclure une troisième possibilité. Les « horloges » pourraient normalement dépendre continuellement des actions et des interactions de composantes rythmiques subtiles, à la fois exogènes et endogènes.

Dans un effort pour éclairer quelque peu la question critique si oui ou non des organismes, dans des conditions expérimentales prétendûment constantes, sont en effet soustraits à toutes les informations reflétant le milieu externe variable, nous avons fait démarrer une expérimentation intensive le ler février 1956. Celle-ci s'est poursuivie sans interruption depuis ce jour. Elle a englobé une étude des variations dans la consommation en O_2 de pommes

de terre enfermées hermétiquement dans des respiromètres à enregistrement automatique, tous les facteurs évidents étant gardés constants. Le tubérule germinatif de la pomme de terre a été choisi parce qu'il pouvait être conservé à l'abri pendant des périodes de temps étendues sans aucun problème de nutrition, qu'il était très résistant, et qu'il semblait, d'un travail d'exploration initial, n'avoir aucune composante rythmique circadienne manifeste, significativement durable pour compliquer cette étude.

Des segments cylindriques portant des « yeux », découpés dans les tubérules, ont été explorés dans un ensemble de cinq respiromètres à enregistrement automatique, contenant chacun quatre segments germinatifs. Les méthodes et les techniques détaillées ont toutes été décrites dans des publications antérieures [1, 2, 3]. Qu'il suffise de dire ici, que les mêmes segments de pomme de terre individuelle sont restés dans les respiromètres pendant un à neuf mois, durant lequel laps de temps ils ont été exposés à l'illumination, à la température et à la pression atmosphérique du laboratoire, habituellement pendant seulement 12 à 20 minutes à divers temps de la journée, une fois tous les trois à huit jours, lorsque les respiromètres étaient entretenus. Le reste du temps ils sont restés dans les respiromètres enregistreurs hermétiquement clos dans une illumination constante très faible (voltage réglé), une température ambiante constante (20 $\pm$ 0,05°C), une pression ambiante constante (28,00 pouces Hg), une humidité constante (saturée), un air presque normal (O_2 constant par remplacement continu), et CO_2 constant (absorbeur à KOH).

Tous les cinq respiromètres ont été en opération ininterrompue, mais aucune donnée n'a jamais été utilisée pour un instrument pour toutes les heures d'un jour du calendrier où il était entretenu. En bref, aucune donné sur la respiration n'a été utilisée pour les pommes de terre, jusqu'à ce qu'elles aient été laissées au repos et qu'elles se soient essentiellement stabilisées dans les conditions expérimentales contrôlées pendant au moins huit heures (un point très important), ni n'ont jamais été utilisés les temps fractionnés des données provenant des quelques dernières heures, avant la vérification d'un instrument. L'entretien des respiromètres parmi les cinq systèmes en opération a été échelonné, de sorte qu'ordinairement trois au minimum (12 segments de pommes de terre) continuent à fournir un temps d'information ininterrompu de 24 heures n'importe quel jour du calendrier. Des pommes de terre fraîches, de la variété Idaho, ont été obtenues dans les boutiques d'alimentation locales pour le remplacement des segments lorsque nécessaire.

Un résumé de tous les résultats se rapportant à une variation diurne dans les pommes de terre sur une période de 10 ans est fourni dans la Figure 1. Celle-ci inclut plus de 86.000 heures consécutives du calendrier (environ trois semaines de renseignements ont été perdus en Juin 1956) avec plus de 1 1/4 million d'heures segment de pommes de terre de données distribuées uniformément sur ces heures.

Il devint clairement évident, même pendant les premières quelques semaines d'enregistrement, que la vitesse de la consommation de O_2 n'était pas constante, mais fluctuait continuellement. Puisque pour les pommes de terre, les fluctuations métaboliques comprenaient des composantes plus longues qu'un jour, avec des tendances marquantes se poursuivant souvent jusqu'à trois ou plusieurs jours consécutifs, pour étudier toute composante diurne dans les fluctuations, les valeurs horaires pour chaque jour on été exprimées en pour cent de déviations horaires, à partir d'une ligne de tendance linéaire entre les

vitesses de consommation en O_2 à 1 heure du matin et minuit pour le jour considéré.

A gauche dans la Figure 1 sont exprimées les variations moyennes horaires de l'horloge en pour cent de déviations des tendances linéaires pour chacune des dix années et à droite, pour chaque mois. Nettement évidente à l'inspection des cycles de 10 ans, sans qu'il soit nécessaire de recourir à une démonstration statistique ultérieure[1], est la présence d'une variation métabolique moyenne, polyphasique de 24 heures, en relation avec l'horloge horaire. Il est licite d'indiquer ici que si, par exemple, les valeurs de la pression barométrique horaire pour Chicago avaient été traitées entièrement de semblable façon, à gauche aurait été isolée et illustrée la marée diurne solaire moyenne régulière de l'atmosphère, avec sa structure moyenne générale revenant d'une année sur l'autre. A droite aurait été illustrée la modulation annuelle moyenne régulière de la marée du jour solaire, révélant sa valeur maximum tout au long de l'année vers 10 heures du matin mais avec sa valeur minimum dérivant systématiquement d'environ 8 heures du soir en Juin, vers 2 heures de l'après-midi en Décembre.

En dépit de l'échantillonnage énorme pour chaque année — environ 120.000 heures de données segments de pommes de terre distribuées uniformément sur plus de 8.700 heures du calendrier de l'année — les résultats d'une année ne sont pas la réplique exacte de ceux de n'importe quelle autre année, tout comme les conditions géophysiques spécifiques varient d'une année sur l'autre. Certaines des différences parmi les cycles diurnes suggèrent la manifestation de modifications systématiques sur deux ou plusieurs années. Par exemple, de 1956 jusqu'à 1961, il y a une réduction continue dans les valeurs des durées de la journée relativement à celles de la nuit. Il y a des infléchissements des cycles qui diffèrent d'années en années. Un maximum supplémentaire dans la nuit apparaît de manière frappante en 1962 et disparaît graduellement au cours de 1963, 1964 et 1965. Mais en dépit de tout cela, l'élévation tôt le matin à un pic à 7 heures du matin, le midi élevé, et le pic de 6 heures du soir et la chute subséquente précoce du soir demeurent relativement stables. Le cycle diurne moyen qui a été obtenu pour la période totale de 11 années depuis le début de cette étude est décrit dans la Figure 2.

A droite dans la Figure 1, les cycles moyens de 24 heures pour les dix années sont reportés pour chaque mois séparément. Une modulation annuelle plus ou moins systématique dans la forme du cycle est apparente. Relativement basses sont les valeurs de la matinée en Janvier et en Février; celles-ci croissent rapidement à des valeurs plus élevées pour Avril, Mai et Juin. Celles-ci s'élèvent rapidement à nouveau aux valeurs les plus élevées de l'année pour Octobre et Novembre. Le maximum du tardif après-midi semble dériver entre après 6 heures du soir en Décembre à avant 6 heures du soir en Juin. Le maximum de midi disparaît virtuellement pour Juillet et Août.

Une recherche intensive durant les trois premières années de cette étude ont mis en évidence des corrélations frappantes avec des fluctuations concur-

[1] *Considérations statistiques générales.* Le taux de consommation en O_2 annuel moyen pour les 4 unités-pommes de terre a été de 0,55 ml O_2/h environ. L'erreur de lecture pour une donnée unique a été 0,076 ml O_2/h (= env. 14 % du taux moyen). L'erreur pour les valeurs horaires moyennes pour des années séparées a été voisine de $14/\sqrt{1300} = 0.39\,\%$. L'erreur moyenne pour la période totale de 10 ans a été environ 0,12 %. Les erreurs pour les valeurs horaires moyennes pour les mois s'établit quelque peu plus haut, à env. $14/\sqrt{1100} = 0{,}42\,\%$. Les domaines journaliers illustrés dans les Figures 1 et 2, étant grands relativement à ces erreurs des moyennes des valeurs horaires, confirment leur signification statistique élevée.

rentes « au hasard » dans les paramètres météorologiques de l'environnement [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Les corrélations étaient d'un caractère tel et d'une persistance telle dans des segments successifs de données, à indiquer que les fluctuations des pommes de terre n'étaient pas indépendantes des forces subtiles envahissantes du milieu externe des organismes.

En dépit du fait que les respiromètres enregistreurs se trouvaient dans une grande enceinte thermostatiquement contrôlée, et que les bains-marie des respiromètres étaient, de surplus, réglés thermostatiquement d'une manière très précise, on découvrit que le taux métabolique moyen entre 10 heures du matin et 1 heure de l'après-midi exprimé sous forme d'une déviation de la ligne de tendance linéaire quotidienne se trouvait en corrélation, avec une très haute signification statistique, avec la température moyenne de l'air pour cette même période de 24 heures ainsi qu'elle avait été enregistrée par une station météorologique voisine du U. S. Weather Bureau. Le signe de la corrélation était + pour les températures atmosphériques au-dessous de 57° F. et - pour les températures atmosphériques au-dessous de cette valeur [2]. Cette corrélation n'était pas sous la dépendance, de façon importante, d'une quelconque corrélation dont on pourrait s'attendre qu'elle se produise entre deux variations annuelles tout à fait indépendantes, puisqu'on a pu trouver des corrélations significatives en utilisant la série entière des valeurs se rencontrant en des mois séparés de l'année.

La déviation métabolique de la tendance pour la période de 4 à 7 heures du matin fut trouvée être en corrélation avec le changement dans la pression barométrique qui s'était produit entre 2 et 6 heures ce même matin. Indépendamment, la déviation métabolique pour la période de 4 à 7 heures de l'après-midi fut mise en corrélation avec le changement de pression barométrique étant survenu entre 2 et 6 heures cette même après-midi. Les corrélations avec la pression tombèrent précipitamment dans une non-signification lorsque l'on se déplaça vers les premières de relations plus tard comparables. Aucunes corrélations de ce type avec un changement de pression n'ont été trouvées pour des relations comparables pour d'autres heures du jour comme, par exemple, entre le changement de pression de 10 heures du matin à 2 heures de l'après-midi et la déviation métabolique de midi à 4 heures de l'après-midi. Les temps horaires de corrélation maximum, environ 12 heures à part dans la journée, ont été hautement spécifiques. Le signe de la corrélation *matinale* des pommes de terre avec le paramètre spécifique de la pression barométrique se renversait deux fois par an, concurremment avec le renversement de direction bisannuel du changement moyen de la pression atmosphérique de *2 à 6 heures de l'après-midi*, lorsque la composante solaire de la marée subissait sa modulation annuelle systématique.

Comme celles de température, les corrélations de pression reflétaient essentiellement le domaine entier des fluctuations non prévisibles de jour à jour dans ces paramètres météorologiques. Le domaine des valeurs journalières individuelles des pommes de terre contribuant à ces corrélations de la température et de la pression pouvait atteindre 30% ou plus du taux quotidien moyen. Les pommes de terre faisaient cela alors même qu'elles étaient entièrement protégées du contact avec ces fluctuations spécifiques de la température et de la pression elles-mêmes. Les pommes de terre continuaient aussi à rester en corrélation avec les mêmes paramètres spécifiques du milieu tout le temps où

ces derniers subissaient leurs variations naturelles annuelles profondes et caractéristiques bien connues.

La haute signification statistique de ces corrélations a été obtenue en dépit du fait que toutes furent calculées sur la supposition la plus simple, ou en première approximation, à savoir que les deux paramètres étaient en relation linéaire. Il est important de remarquer que de mettre en corrélation une valeur géophysique journalière isolée avec une valeur quotidienne d'un organisme isolée ainsi qu'il fut fait ici, éliminait toute possibilité que la corrélation fût simplement le résultat escompté de mettre en corrélation deux phénomènes complètement indépendants possédant une période journalière de variation en commun. La méthode employée, en effet, mettait en corrélation seulement les modulations de jour à jour associées au temps de toute variation atmosphérique quotidienne avec n'importe quelles modulations correspondantes qui pourraient se produire dans les variations de jour à jour quotidienne de l'organisme. Le confinement des corrélations aux deux périodes nettement délimitées du jour ne souligne pas seulement la spécificité de la périodicité de 24 heures dans un paramètre géophysique effectif, mais confirme de manière non équivoque un autre fait saillant que l'on n'a pas à faire à un artefact instrumental quelconque, non décelé.

Les corrélations spécifiques qui viennent d'être passées en revue ont comme seule interprétation apparente que, deux fois chaque jour avec un intervalle de 12 heures, a) comme le soleil se lève et b) comme le coucher du soleil approche, l'organisme répond à une certaine variation géophysique ambiante subtile, dont l'intensité, le caractère, la vitesse de changement, le modèle d'oscillation, ou quelque autre propriété est soit modulée par le changement concurrent dans la pression barométrique, ou, il est possible, influence même le changement de pression. Les changements de pression comprennent des composantes associées au système « au hasard » du temps et aussi des composantes périodiques solaires, lunaires et annuelles. La réponse de l'organisme doit inclure une altération induite dans le taux des oxydations cellulaires, puisque ce fut là le dosage biologique.

Les corrélations indiquent encore que la déviation de midi de la tendance linéaire (différence midi-minuit) est constamment modulée par quelque force géophysique ambiante qui varie de jour à jour à côté de la température moyenne pour la période complète de 24 heures pour ce même jour. La déviation à midi pendant les deux premières années de l'étude, lorsque ces relations spécifiques ont été explorées quantitativement en détail, est passée des valeurs positives aux valeurs négatives, par zéro, lorsque les températures atmosphériques tombaient à partir de 57°F.

En bref, le caractère, l'étendu, la spécificité, et la très haute signification statistique de ces corrélations météorologiques spécifiques ne laissent raisonnablement pas de doute que l'organisme vivant, même s'il est soigneusement et de manière critique protégé de toutes les variations évidentes de l'environnement, possède encore des fluctuations qui reflètent une dépendance continue des forces géophysiques ambiantes qui, jusqu'ici, ont été essentiellement ignorées des biologistes.

Les différences de jour à jour dans le domaine de la déviation métabolique des tendances journalières ont été trouvées plus tard être en corrélation également avec les différences jour par jour dans le domaine des variations diurnes dans le rayonnement général de fond qui étaient enregistrées dans le même

laboratoire [7]. Ce fut, cependant, la découverte d'une série de rapports remarquablement suggestifs entre les diagrammes détaillés quotidiens de la variation métabolique dans les pommes de terre (et un certain nombre d'autres organismes, à la fois dans des respiromètres et des actographes) et ceux concurrents du rayonnement cosmique primaire, en employant les données et les calculs obtenus au Enrico Fermi Institute de l'Université voisine de Chicago, qui conduisit à l'indication résolue que nos organismes scellés devaient probablement répondre à des variations dans les forces électromagnétiques de l'atmosphère, y compris le géo-magnétisme [8]. Le rayonnement cosmique primaire ne parvient qu'à plusieurs milles de la surface de la terre, et aucune radiation qui en résulte, qui atteint réellement le niveau du sol, n'est le reflet direct des types détaillés de variation dans le rayonnement primaire. Cependant, on pourrait s'attendre à ce que l'intensité du rayonnement primaire varie inversement avec l'intensité du géo-magnétisme.

Un travail expérimental ultérieur intensif, dans le sens de cette suggestion, a révélé que des organismes aussi différents que des vers plats, des escargots, des mouches sont sensibles non seulement à l'intensité et aux changements de direction dans les champs magnétiques très faibles, mais aussi aux altérations dans les champs électrostatiques et du rayonnement gamma faibles, de l'ordre d'intensité des champs ambiants naturels [9, 10, 11]. Tous ceux-ci sont des champs vectoriels que l'on sait refléter dans leurs fluctuations toutes les périodes géophysiques naturelles. En effet, pour le magnétisme, des expériences simples ont démontré que le mécanisme sensible est spécifiquement ajusté à la force du champ terrestre naturel très faible. On a montré expérimentalement que les réponses à toutes ces trois forces sont associées avec les horloges biologiques [10]. Il semble raisonnable de supposer que les corrélations observées entre la température, la pression et le rayonnement cosmique primaire de l'atmosphère, d'une part, avec le métabolisme des pommes de terre, d'autre part, sont accomplies par des fluctuations correspondantes dans les champs électromagnétiques régnant dans le milieu naturel.

Chacune des corrélations précédentes, et les démonstrations de la sensibilité des organismes aux champs magnétiques ambiants, impliquaient clairement qu'il devait exister un modèle de 24 heures dans la variation métabolique de la pomme de terre. Un tel modèle précisément est clairement évident dans les cycles récurrents observés dans la Figure 1 pour la période de dix ans.

Les *taux horaires moyens* de consommation de O_2 ont également montré une variation annuelle. Sa structure n'avait aucune relation évidente avec celle de la modulation annuelle dans la forme de la structure quotidienne. Dans la Figure 3 sont portées les valeurs mensuelles moyennes et dans la Figure 4 les valeurs pour dix ans sont superposées sur les coordonnées communes. La variation annuelle a montré un maximum en Juillet et un minimum en Novembre. On voit que cette variation annuelle se superpose à une tendance à plus long intervalle qui passait par un minimum en Novembre 1963.

Ainsi qu'il a été indiqué antérieurement, les corrélations continues avec les paramètres météorologiques ne laissaient pas de doute raisonnablement sur ce que les pommes de terre étaient sensibles aux forces géophysiques auxquelles elles n'étaient pas soustraites. Virtuellement de toute force atmosphérique qui pourrait être intéressée d'une manière concevable, on serait en droit de s'attendre à ce qu'elle comprenne des composantes de variation reflétant toutes les périodes majeures de l'atmosphère. Parmi les fluctuations atmosphériques

se trouvent les marées du jour solaire et du jour lunaire qui existent en tant que faibles variations de la pression atmosphérique. Ces dernières chevauchent à la surface des changements de pression beaucoup plus grands et irréguliers, reliés au système du temps. La pomme de terre avec ses corrélations métaboliques spécifiques avec les taux de changement de pression aux deux temps particuliers de la journée, et seulement à ces temps, se démontre comme étant pourvue de moyens pour l'estimation des distortions imprévisibles de jour à jour de la marée du jour solaire de l'atmosphère.

Un argument indirect pour la supposition que la variation en 24 heures du métabolisme de la pomme de terre est une variation fondamentale, géophysiquement dépendante, ce sont les observations rapportées que d'autres espèces d'êtres vivants tels que les crabes musards [3] et les poussins incubés non éclos [12] révèlent la même sorte hautement spécifique de corrélation avec la pression atmosphérique (les mêmes paramètres) que le font les pommes de terre. Un autre argument encore est sorti de la démonstration de la similitude remarquable dans la forme des variations métaboliques fondamentales de coupes de carottes [2], chez des larves du ver de la farine [13], et chez de jeunes poussins embryonnés [12, 14] avec celles de la pomme de terre. En effet, une étude publiée très récemment du cycle de 24 heures chez les embryons de poulet étudiés en 1962 et 1963 ont également confirmé d'une manière frappante le maximum supplémentaire à minuit que l'on avait observé dans les pommes de terre durant ces mêmes années [14].

Une étude récente de l'influence sur l'activité « spontanée » de la souris [15] d'une très faible modification dans le niveau du rayonnement de fond révéla que, sous-jacent au cycle d'activité circadien manifeste qui était présent, il y avait une variation en 24 heures de faible amplitude dans la sensibilité de la souris à l'accroissement gamma expérimental, une variation diurne qui ressemblait, dans le détail, de manière frappante à la variation en 24 heures obtenue concurremment pour le métabolisme de la pomme de terre.

La modulation annuelle dans la forme de la variation métabolique quotidienne des pommes de terre a été rapportée antérieurement [4] comme étant, dans une bonne mesure, explicable en termes du caractère spécifique des corrélations en même temps qu'en ceux de la modulation annuelle bien connue dans la forme de la marée du jour solaire de l'atmosphère et de la variation annuelle de température. L'explication dépendait également du renversement observé deux fois par an dans le signe de la corrélation matinale de la pression barométrique matinale à 57°F. La variation annuelle systématique dans la marée du jour solaire est reliée à la variation annuelle en photopériodes. Le paramètre spécifique de pression barométrique avec lequel le métabolisme de la pomme de terre dans l'après-midi est en corrélation, reflète cette variation annuelle particulière, spécialement bien. La persistance qui a été rapportée d'un rythme reproductif annuel essentiellement normal chez un oiseau privé des photopériodes changeant naturellement [16] suggère qu'un oiseau dans certaines conditions pourrait être capable de remplacer quelques-unes de telles correspondances géophysiques des photopériodes par les périodes lumière elles-mêmes.

Une preuve supplémentaire pour la dépendance géophysique des variations métaboliques dans la pomme de terre, en considération des marées lunaires bien connues de l'atmosphère, est la découverte précédente d'une modulation

mensuelle lunaire statistiquement hautement significative de la variation du jour solaire dans la pomme de terre [17].

La variation annuelle dans les taux métaboliques horaires moyens dans la pomme de terre n'en est pas une pour laquelle on ait soit trouvé, soit intensivement cherché, une quelconque correspondance géophysique spécifique. Cependant, une preuve indirecte suggère que celle-ci, aussi, sera en dernier ressort interprétable en termes d'une réponse biologique fondamentale à quelques autres paramètres spécifiques des fines variations géophysiques annuelles. Il n'y a pas disette de paramètres géophysiques variant annuellement. L'une des sortes de preuve indirecte, c'est qu'il existe certaines différences dans la forme des cycles et dans le taux annuel moyen d'une année sur l'autre. Très hautement suggestif aussi de quelque dénominateur commun de régulation a été la similitude frappante, même en des détails relatifs de forme, de deux variations annuelles persistantes, publiées indépendamment, celle du métabolisme oxydatif de la pomme de terre [3] et de la réponse du système reproductif d'un lézard à une photopériode favorable [18]. La similitude remarquable des types annuels persistants pour ces organismes très largement différents se produisit pendant une période durant laquelle la structure géophysique annuelle spécifique fut probablement quelque peu inhabituelle, si on en juge par la structure modérément aberrante observée cette année là pour la pomme de terre. Encore une autre preuve indirecte pour la dépendance de l'environnement de cette variation annuelle est venue d'autres études révélant des structures concurremment observées extraordinairement semblables et à phases synchronisées de variations annuelles persistantes [19] dans des phénomènes biologiques aussi différents que la capacité à réduire les nitrates d'une algue [20], l'influence d'un champ de rayonnement gamma expérimental très faible sur des vers planaires [21], et le taux de métabolisme de haricots en bourgeons [22]. Pour les haricots, plus de trois cycles annuels complets, chacun comme ceux de la pomme de terre, ont été obtenus à partir d'un lot unique initial de semences conservées tout au long de l'étude dans un récipient opaque au laboratoire, établissant par cela la nature récurrente des cycles indépendamment de ceux naturels de la lumière et de la température. Et puisque les données ont été dérivées d'échantillons de semences de haricots mis à germer tous les quelques jours, il est évident que la variation annuelle a été indépendante de l'âge de la semence. On a également rapporté des variations annuelles persistantes pour la vitesse de développement de l'herbe [23], à la fois pour les types vivaces et annuels mis à germer fraîchement à diverses époques de l'année. Des rapports sur des rythmes annuels « endogènes » persistants font leur apparition dans la littérature en nombre rapidement croissant.

On doit souligner que le système vivant n'est pas un participant complètement passif dans ses réactions aux paramètres géophysiques subtils effectifs. Des facteurs d'intégration et génétiques semblent aussi impliqués. On n'observe pas seulement les renversements annuels systématiques de signe dans la corrélation du matin de la pomme de terre avec le changement de pression barométrique, mais simultanément l'absence d'une telle modification pour la corrélation comparable de la pression dans l'après-midi. Pour une partie de l'année, cependant, les corrélations pour les deux moitiés du jour possèdent le même signe, et l'autre partie de l'année, un signe opposé. En été, la corrélation pour la pression dans l'après-midi pour la pomme de terre a le signe opposé de celle de l'après-midi observée concurremment pour les crabes mu-

sards conservés dans les respiromètres dans des conditions complètement comparables. Non surprenant est le fait, par conséquent, qu'entre les deux espèces, les pommes de terre et les crabes musards, une différence reproductible soit évidente dans les formes de leurs diagrammes journaliers moyens, géophysiquement dépendants de variation dans le taux métabolique [24, 25]. Les pommes de terre montrent un maximum vers la fin de l'après-midi, les crabes, un minimum vers la fin de l'après-midi. On pourrait s'attendre à ce que des diagrammes journaliers différents des signes de plusieurs corrélations géophysiques intradiurnes, apparemment indépendantes, ou des différences dans les influences relatives parmi les espèces dans un ensemble donné de conditions, fournissent des diagrammes caractéristiques et différents dans les variations métaboliques de 24 heures géophysiquement dépendantes. Il est clair, que des facteurs intra-organiques jouent un rôle dans la détermination du signe des corrélations spécifiques, et par conséquent des modèles organiques quotidiens résultant des réponses.

Cette étude a effacé tout doute raisonnable quant à ce que l'information concernant l'environnement rythmique externe continue à atteindre des organismes qu'on avait précédemment supposés s'être trouvé dans des conditions « constantes ». Elle indique de plus l'existence d'une impulsion périodique moyenne remarquablement précise, ainsi qu'il ressort des temps des pics et des creux dans les cycles journaliers polyphasiques. Mais jusqu'à ce que nous ayons reconnus les paramètres géophysiques exacts qui véhiculent l'information périodique, nous ne pourrons pas connaître le degré de régularité de jour à jour des signaux de 24 heures. A la fois les méthodes et les techniques expérimentales d'une part, et des composantes probables de variation au hasard dans les taux métaboliques des organismes eux-mêmes d'autre part, injectent une grande quantité de « bruit de fond » entre tout élément actif répondant par un signal et les données enregistrées. Contribuant aussi au « bruit de fond », il y a les réponses mesurables de l'organisme aux fluctuations géophysiques associées aux conditions météorologiques. Ces dernières peuvent ne pas impliquer les mêmes paramètres géophysiques spécifiques, et donc ne pas obscurcir aux organismes celles régulièrement périodiques, mais elles déterminent des changements métaboliques qui peuvent avoir jusqu'à plusieurs fois l'étendue de ceux reliés à l'heure d'horloge. Il est tout à fait concevable que la précision d'un complexe rythmique de signaux géophysiques puisse être très grande à la vue de la précision du générateur naturel de cette période, probablement même plus exactement régulière que les variations dans l'illumination extérieure naturelle, affectées par le temps de jour à jour.

Il est également clair qu'aussi longtemps que nous ne serons pas capables d'identifier et de contrôler les paramètres géophysiques spécifiques qui sont responsables des fluctuations quotidiennes et annuelles biologiques, qu'il ne sera pas possible de découvrir les conséquences d'en priver les organismes.

La preuve évidente que les systèmes vivants dérivent constamment des informations pénétrantes de leur environnement physique en relation avec des périodes spécifiques du jour et de l'année, même dans des conditions estimées jadis comme « constantes » pour eux, exige de reconsidérer des postulats fondamentaux des horloges biologiques. La majorité des biologistes ont arbitrairement choisi d'admettre que les horloges exigent de la part des systèmes vivants la capacité à mesurer avec une précision indépendante et relative

des périodes d'un jour après l'autre, d'un mois après l'autre, d'une année après l'autre. Maintenant il existe une possibilité alternative. Les horloges peuvent comprendre une sensibilité de l'organisme continue à l'environnement fluctuant de façon rythmique avec ses modèles détaillés, journaliers et annuels, spécifiques. Cette « sensibilité au temps » biologique en ces termes ressemblerait fondamentalement à d'autres « sens », sauf que des modalités nouvelles et différentes de stimulus seraient impliquées.

L'organisme n'a pas besoin de posséder la précision de mesure du temps postulée, mais en revanche doit simplement dériver les périodes par sa sensibilité à des fluctuations subtiles et pénétrantes associées aux coordonnées angulaires spécifiques dans les cycles physiques naturels. En effet, on a récemment avancé des preuves expérimentales [26] suivant lesquelles un organisme possède réellement la capacité requise pour coder un schéma de comportement en relation avec la lumière sur un subtil tamis géophysique à 360°, pénétrant, et de retenir l'information sous cette forme au moins pendant plusieurs minutes. Ce n'est qu'une simple démarche rationnelle supplémentaire pour postuler qu'un événement lumineux codé à un certain moment dans un cycle géophysique va être entraîné à se reproduire au même angle de phase ou presque auquel le cycle recommence, évitant ainsi la nécessité d'une mesure précise d'une longue période de temps par des moyens intra-organiques indépendants. Le caractère « approximatif » des rythmes s'observe communément, et n'offre aucun obstacle à un tel concept.

En d'autres termes, les rythmes « endogènes » résultent, ainsi qu'il est concevable, d'une substitution de la réponse à un tel facteur rythmique évident comme la lumière par une réponse à une variation géophysique subtile reliée au temps. Ainsi, la postulation d'un système de régulation qui mesure réellement la durée d'un jour pourrait n'être que peu ou pas plus nécessaire que d'en postuler un, par exemple, pour la régulation d'une variation diurne observée dans la photosynthèse dans une plante verte exposée aux variations naturelles de l'illumination.

Un flux continuel d'informations géophysiques fournissant non seulement un réglage pour les horloges biologiques mais aussi des informations simultanées quant aux temps réels à l'intérieur des cycles de l'environnement peut aussi expliquer le nombre toujours croissant des phénomènes rapportés qui sont demeurés soit totalement inexplicables, ou expliquables de manière peu plausible, en les termes uniquement de l'hypothèse endogène de ces horloges biologiques. Ceux-ci renferment, parmi beaucoup d'autres, certaines tendances remarquables des organismes à maintenir dans des conditions « constantes » des rythmes précis de 24 heures [27, 28, 29], ou de 24,8 heures ou de jour lunaire [30, 31], et même de façon plus extraordinaire, pour certaines espèces à révéler dans leurs activités rythmiques manifestes des rapports de phase favorisés envers les cycles externes auxquels ils s'ajustent, ou se réajustent, en l'absence de tout indice évident les concernant [14, 31, 32].

En résumé, l'organisme vivant est un système d'une sensibilité fantastique. Alors même que protégé contre les variations de la lumière, température et pression, et de tous les autres facteurs évidents de l'environnement, il continue à répondre d'une manière mystérieuse à des fluctuations des forces géophysiques ambiantes subtiles. L'information influente apporte à l'organisme les temps détaillés à l'intérieur des jours, des mois et des années. Une compréhension plus approfondie de ce domaine essentiellement non exploré des re-

lations des organismes avec leur environnement terrestre pourrait aider à résoudre un certain nombre des mystères actuels de la biologie. Ces derniers comprennent les facultés presque incroyables des animaux et des plantes à orienter et à ajuster leurs activités en termes de temps et d'espace terrestres. Il semble probable que les « horloges de vie » sont constamment sous la dépendance de telles interactions subtiles de l'organisme avec leur environnement physique rythmique.

Evanston, Northwestern University.

F. A. Brown Jr.

L'auteur a le plaisir de remercier sincèrement pour leur aide précieuse durant cette longue étude, de nombreux collaborateurs, en particulier celle des Dr. F. H. Barnwell et Y. H. Park. A rendu également possible cette recherche l'aide financière fournie par l'O.N.R., contrats # 1228-03 et 1228-30, par la N.S.F., subventions # G-15008, GB-469, et GB-3481, et par la N.I.H., subvention # GM-07405.

(Traduit par B. Bizzini - Neuilly-sur-Seine)

BIBLIOGRAPHIE

[1] Brown F. A. Jr., Biol. Bull., 112 : 288-304 (1957).
[2] Brown F. A. Jr., Biol. Bull., 115 : 81-100 (1958).
[3] Brown F. A. Jr., Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol., 25 : 57-71 (1960).
[4] Brown F. A. Jr., Science, 130 : 1535-1544 (1959).
[5] Brown F. A. Jr., Annals N. Y. Acad. Science, 98 : 775-787 (1962).
[6] Brown F. A. Jr., H. M. Webb and E. J. Macey, Biol. Bull., 113 : 112-119 (1957).
[7] Brown F. A. Jr., J. Shriner and H. M. Webb, Biol. Bull., 113 : 103-111 (1957).
[8] Brown F. A. Jr., H. M. Webb and M. F. Bennett, Amer. Jour. Physiol., 195 : 237-243 (1958).
[9] Barnwell F. H. and F. A. Brown Jr., In: *Biological Effects of Magnetic Fields.* Ed. M. F. Barnothy, Plenum Press, N. Y. Pp. 263-278 (1964).
[10] Brown F. A. Jr., In: *Circadian Clocks.* Ed. J. Aschoff, North Holland Publ. Co., Amsterdam. Pp. 231-261 (1965).
[11] Picton H. D., Nature, 211 : 303-304 (1966).
[12] Barnwell F. H., Proc. Soc. Exper. Biol. Med., 105 : 312-315 (1960).
[13] Campbell B. O., Doct. Dissert., Northwestern University (1964).
[14] Johnson L. G., Biol. Bull., 131 : 308-322 (1966).
[15] Brown F. A. Jr., Y. H. Park and J. R. Zeno, Nature, 211 : 830-833 (1966).
[16] Lofts B., Nature, 201 : 523 (1964).
[17] Brown F. A. Jr., M. F. Bennett and H. M. Webb, Proc. Nat. Acad. Science, 44 : 290-296 (1958).
[18] Fox W. and H. C. Dessauer, Biol. Bull., 115 : 421-439 (1958).
[19] Brown F. A. Jr., Adv. in Astronaut. Sciences, 17 : 29-39 (1963).
[20] Kessler E. and F. C. Czygan, Experientia, 19 : 89 (1963).
[21] Brown F. A. Jr. and Y. H. Park, Nature, 202 : 469-471 (1964).
[22] Lutsch E. F., Doctoral Dissert., Northwestern University (1962).
[23] Rappe G., Oikos, 16 : 177-204 (1965).
[24] Webb H. M. and F. A. Brown Jr., Biol. Bull., 115 : 303-318 (1958).
[25] Webb H. M. and F. A. Brown Jr., Biol. Bull., 121 : 561-571 (1961).
[26] Brown F. A. Jr. and Y. H. Park, Biol. Bull., 132 : 311-319 (1967).
[27] Brown F. A. Jr. and H. M. Webb, Physiol. Zool., 21 : 371-381 (1948).
[28] Terracini E. D. and F. A. Brown Jr., Physiol. Zool., 35 : 27-37 (1962).
[29] Lowe C. H., D. S. Hinds, P. J. Lardner and K. E. Justice, Science 156 : 531-534 (1967).
[30] Barnwell F. H., Biol. Bull., 130 : 1-17 (1966).
[31] Brown F. A. Jr., Proc. Soc. Exper. Biol. and Med., 120 : 792-797 (1965).
[32] Bennett M. F., Zeitschr. vergl. Physiol., 47 : 431-437 (1963).

LA CONSERVATION DE L'AIR

Notre génération a découvert avec effroi que nos ressources naturelles, l'air, l'eau et la terre, ne sont pas illimitées et que la pollution locale et même globale de notre air, eau et sol est devenue une réalité alarmante. Des désastres dus à la pollution de l'air se sont déjà produits et des millions de personnes sont tourmentées par de l'irritation des yeux et du tractus respiratoire. L'histoire de l'épais brouillard de Los Angeles est utilisée pour illustrer les caractéristiques de la pollution dans une métropole moderne et les méthodes utilisées pour venir à bout de ce sous-produit de l'explosion démographique et de la prolifération des voitures automobiles. La nécessité d'organisations gouvernementales qui puissent venir à bout de ces problèmes, naissant de la concentration de population sur les vastes étendues métropolitaines, est soulignée.

Aujourd'hui, la majorité des gens, dans toutes les parties du monde, respirent de l'air pollué. La combustion incomplète des conbustibles, les activités industrielles et des opérations variées telles que la carbonisation des déchets répand chaque année des millions de tonnes de polluants dans l'air [1]. L'irritation de la gorge et des yeux et les odeurs offensives sont devenues un aspect fréquent, sinon permanent, de la vie dans les villes. Certains des polluants pénètrent profondément dans notre appareil respiratoire, affectant le délicat mécanisme qui nous pourvoit en oxygène et qui charrie au loin l'oxyde de carbone. Une destruction progressive de cet appareil conduisant à de l'emphysème et à de la bronchite chronique est provoquée par la pollution de l'air, la pratique de fumer des cigarettes y compris. Aujourd'hui, l'emphysème, c'est la cause de décès dans ce pays qui croît le plus rapidement. Dans la période de dix ans, entre 1950 et 1959, les morts par emphysème parmi la population mâle se sont élevées de 1,5 pour cent mille à 8 pour cent mille. L'asthme est une condition souvent aggravée par la pollution de l'air. Une forme spéciale d'asthme est apparue en 1946 parmi les troupes américaines et leurs pensionnaires vivant à Yokohama et à Tokyo au Japon. Cet asthme est relié à la pollution intense dans la zone énormément industrialisée dans la plaine du Kanto adjacente à ces villes. A New Orleans, les explosions épidémiques d'attaques d'asthme ont été associées avec la combustion en sous-sol des dépôts de la ville, de même qu'avec d'autres activités entraînant la pollution de l'air. Des études épidémiologiques ont montré que la pollution de l'air correspond à la fréquence accrue d'infections aiguës du tractus respiratoire supérieur, conduisant aux rhumes de cerveau communs.

Une preuve dramatique des effets de la pollution de l'air est enregistrée dans les incidents fatals de la Vallée de la Meuse en Belgique et des brouillards noirs de Londres de 1952 et 1962, où l'on rapporta un excédent de milliers de morts. Dans ce pays, la pollution de l'air fit beaucoup de victimes en 1948, dans le désastre de Donora, Pennsylvania, et de New York en 1952 et 1962, ainsi que les rapports des hôpitaux et de décès en témoignent.

La pollution de l'air interfère de maintes façons avec la vie sur la terre. Les fluorures affectent toujours sérieusement le bétail et causent des dommages étendus aux récoltes. Les fondeurs en Colombie britannique émettaient jadis

une moyenne de 600 tonnes de soufre par jour avec pour résultat une éradication presque complète des sapins et des pins sur des douzaines de milles. En Floride nous avons entendu parler de dommages aux orangers; en Californie du sud la croissance des épinards a été amoindrie de façon drastique. Dans les zones métropolitaines, les échappements des automobiles ont rendu impossible la culture des orchidées et les cultivateurs ont dû se déplacer vers des zones rurales éloignées. Dans le Maryland, les dommages aux feuilles de tabac provoqués par la pollution due aux voitures, ayant son origine à Washington, D.C., ont causé un lourd préjudice pécuniaire aux fermiers. Les dommages à la végétation sont devenus si étendus que les marques visibles de la pollution sont souvent utilisées comme des indicateurs de la pollution et les experts peuvent dire avec un degré de certitude élevé quel type d'agent doit avoir entraîné le dommage.

Les pertes de l'agriculture aux U.S.A. seulement sont estimées avoisinner 500 millions de dollars par an. Ce n'est là qu'un faible pourcentage du coût total de la pollution de l'air. Nous devons y ajouter la détérioration des matériaux augmentant les frais d'entretien et de remplacement. Les métaux, les tissus, le papier, le caoutchouc, les plastiques et les matériaux de construction souffrent directement, mais de plus leur vie est abrégée par des opérations de nettoyage coûteuses. Les systèmes de contrôle complexes et coûteux dans les usines, les bureaux, dans divers systèmes électroniques peuvent être ruinés et leur fonctionnement détraqué par l'action corrosive et souillante de divers polluants. Toutes les fois où la propreté est désirée dans la fabrication des équipements électroniques, aliments, boissons, dans les laboratoires de recherches, l'air à l'entrée doit être épuré à fond, à grands frais.

La pollution par les oxydes de soufre entraîne la destruction des pigments des peintures et à des degrés légèrement plus élevés elle peut attaquer les films de peinture fraîche, retardant le séchage et déterminant la sensibilité à l'eau.

L'érosion des statues construites en pierre est commune dans le monde entier et dans beaucoup de villes, les conservateurs de musée sont en train de transporter les oeuvres d'art à l'intérieur pour les protéger contre l'action des polluants acides. On a rapporté que l'obélisque de Cléopâtre s'est davantage détérioré depuis son arrivée à New York en 1881 qu'il ne le fit pendant plus des trois mille ans passés en Egypte. Les matières particulaires laissent un dépôt sale sur et dans les maisons, les tapis de sol et les vêtements et elles accroissent les factures du blanchisseur et du peintre.

TABLEAU I.

Examen du nettoyage dans une ville résidentielle et une ville industrielle. Différence par année, par personne.

Entretien extérieur de la maison	$ 17.00
Entretien intérieur de la maison	32.00
Blanchisserie	25.00
Cheveux, soins faciaux, etc.	10.00
	$ 84.00

Un examen intéressant a été fait par le U.S. Public Health Service (Service de la Santé Publique des E.-U.) sur le coût du nettoyage dans deux villes de statut économique et social semblable, mais qui différaient en ce que l'une était hautement industrielle et l'autre résidentielle de façon prédominante. Les résultats dans le tableau I montrent clairement que l'air souillé est onéreux; cela signifie la peinture plus fréquente de l'intérieur et de l'extérieur des maisons, des notes de blanchisserie plus élevées et un coût plus élevé des soins personnels.

Des données exactes ne sont pas disponibles sur le coût total de la pollution de l'air pour la communauté, mais des estimations pour les E.-U. ont situé ce chiffre à environ 12 milliards de dollars ($ 12 x 10^9). Ce chiffre ne comprend aucune estimation des dépenses à investir dans la santé et la jouissance de la vie de la communauté.

Le gouvernement et l'industrie, jusqu'à maintenant, n'ont dépensé qu'une fraction de ce coût revenant chaque année pour contrôler des émissions inadmissibles et un plus grand effort apparaît comme le juste prix à payer pour tous les bienfaits que nous dérivons de la respiration d'un air pur. Un programme grandement accéléré et intensifié est nécessité pour réduire matériellement les immenses quantités de contaminants de l'air libérés dans les opérations industrielles, le chauffage des maisons, la conduite des voitures, et de nombreuses autres activités variées des gens.

Une estimation de la grandeur des matériaux étrangers ajoutés à l'air est indiquée dans le Tableau II. A titre de comparaison, la contribution évaluée pour les sources naturelles, brouillard, pollen et poussières, est inventoriée [2].

TABLEAU II.

Principaux contaminants de l'air sur les E.-U. en Millions de Tonnes par An

Brouillard naturel (25 pied de haut)	15
Pollen	1
Poussières naturelles	30
Fumées (carbone)	5
Poussières et cendres industrielles	10
Oxydes de soufre	20
Oxydes d'azote	5
Vapeurs diverses (principalement organiques)	40
Oxyde de carbone	50
Gaz carbonique	10.000

L'importance de ces émissions est plus directement saisie si l'on considère qu'un million de camions-remorques de 20 tonnes seraient nécessaires pour transporter tout le gaz sulfureux qui sera libéré l'année prochaine par les fonderies, raffineries et brûleries de combustible. Une telle procession ferait le tour de la terre.

Le gaz carbonique libéré par la combustion des combustibles fossiles élève la teneur en gaz carbonique de l'air de 0,23% par an. Ce sous-produit de notre ère industrielle peut avoir éventuellement certaines conséquences perturbatrices. Les géochimistes ont prédit qu'un réchauffement général de notre atmosphère, la fusion des caps polaires et une élévation des niveaux des océans peut en être le résultat [3, 4].

Pour répondre à la question de la raison pour laquelle nous polluons l'air d'une manière tellement irréfléchie, nous pouvons remonter à un chercheur anglais d'il y a quelques siècles en arrière, Robert Boyle, bien connu pour sa formulation des lois des gaz, lequel déclara: « La généralité des hommes est tellement accoutumée à juger des choses selon ses sens que, parce que l'air est invisible, ils ne lui attribuent que peu et ne l'imaginent que comme quelque chose de peu éloigné du néant ».

Pour la plupart des gens l'air et l'espace sont presque synonymes; tous deux semblent être disponibles en quantités illimitées pour plaire à l'humanité. Notre génération a découvert que, malheureusement, rien sur terre n'est illimité, et nous avons commencé à nous inquiéter de la limitation de notre sol, eau, et, finalement, de notre air. Il est clair à beaucoup que notre génération a une responsabilité envers celles futures, en utilisant ces ressources avec sagesse. Nous ne pouvons plus utiliser l'air sans discrimination comme un dépotoir pour tous nos sous-produits, spécialement pas, lorsque la ventilation naturelle est insuffisante.

La quantité totale d'air disponible à une population mondiale de presque 4 milliards de personnes est 4×10^{18} mètres cubes. Chaque personne peut par conséquent revendiquer environ un milliard de mètres cubes d'air. C'est là plutôt une grande quantité, mais un tel chiffre acquiert une signification seulement si nous déterminons combien d'air une personne utilise dans son existence quotidienne. En premier lieu, elle a besoin d'air pour respirer; celui-ci s'élève à 12 m^3 par jour. De plus, elle emploie l'air dans diverses opérations telles que la combustion du combustible pour le chauffage des maisons, la conduite des voitures, la production d'énergie. Et, finalement, dans la fabrication des marchandises, des quantités importantes d'air ont été consumées. Le total varie grandement avec le standing de vie, cependant; pour la plupart des pays industriels on calcule qu'environ 150 m^3 d'air par jour sont rendus impropres à la respiration.

Ce calcul montre que notre citoyen du monde n'a pas trop à s'inquiéter. Même si nous appliquons un facteur de mille pour la dilution de l'air usé, comme les ingénieurs du conditionnement d'air le recommandent, il disposerait de suffisamment d'air pour durer plusieurs milliers d'années. Il y a, cependant, la supposition que tout le monde a libre accès à la fourniture d'air dans le monde et voici où la difficulté commence.

Lorsque la ventilation naturelle est insuffisante, lorsque des chaînes de montagnes empêchent l'écoulement libre de l'air, et lorsque des conditions d'inversion de la température limitent le mouvement vertical, l'air disponible est grandement restreint. Ces conditions de température sont tout à fait fréquentes le long de la Côte Pacifique où une couche froide d'air au niveau du sol empêche effectivement le libre échange de l'air avec les couches supérieures. Ces inversions de température se produisent en de nombreuses parties du monde et elles ont lieu beaucoup plus souvent qu'on ne le pense généralement. Elles

s'étendent à des hauteurs variant grandement, de quelques pieds seulement du sol à plusieurs milliers de pieds.

Le manque de ventilation par des conditions à la fois géographiques et météorologiques est un facteur principal dans la formation du brouillard épais de Los Angeles. Il est intéressant de voir comment l'approvisionnement en air de l'habitant d'une telle vallée se compare à celle du citoyen du monde. Pendant les brouillards épais et lourds, la couche froide peut s'étendre à environ 300 m de hauteur au-dessus d'une surface de 2000 kilomètres carrés. L'air dans cette boîte plate est partagé par 7-½ millions de personnes, ce qui signifie que durant les conditions météorologiques adverses, seulement 80.000 mètres cubes par personne sont disponibles. C'est environ deux fois moins que le conditionnement sain d'air le prescrit et il n'est pas surprenant que Los Angeles soit devenue célèbre dans les cercles de la pollution de l'air.

Les 10.000 tonnes d'oxyde de carbone provenant des échappements de 3-½ millions de voitures établissent, directement, des concentrations de 15 et plus parties par million et dépassent fréquemment les valeurs défavorables pour la santé de la communauté adoptées par les autorités sanitaires de Californie. Dans les rues à grande circulation, avec peu de ventilation, des concentrations de 100 parties par million ont été enregistrées. La Figure I illustre graphiquement l'exposition à de hautes concentrations d'oxyde de carbone des échappements des voitures durant la circulation en ville [5]. Le conducteur allant vers Los Angeles à l'heure du soir n'affronte pas beaucoup de trafic; cependant, au retour, l'embouteillage du trafic se reproduisant quotidiennement est indiqué par les taux élevés d'oxyde de carbone et une durée plus longue du trajet.

Le Contrôle de la Pollution de l'Air. — L'une des formes les plus communes de la pollution de l'air c'est celle causée par la fumée. Une excursion à travers un pays par avion doit convaincre quinconque que la fumée est un problème dans chaque grande ville des E.-U., de même que dans le reste du monde. De grands panaches, s'étendant sur des vingtaines de milles, ont leur origine dans les dépôts de crémation à l'air libre, dans les lieux de décharge, les aciéries, les fonderies, et les usines énergétiques, pour ne citer que quelques-unes parmi la multitude de sources. C'est là un vieux problème; il y a quelques 200 ans des lois furent votées en Angleterre pour réglementer la combustion de certains types de charbon. Même aujourd'hui, la combustion est encore une source majeure de la pollution de l'air.

A première vue le contrôle de l'émission de fumée apparaît très simple — il suffit de l'éliminer par lavage! Mais nous n'avons qu'à penser à la manière dont la fumée de tabac d'une pipe turque forme des bulles, apparemment librement, à travers l'eau, pour se rendre compte que peut-être ce problème n'est pas si aisément résolu après tout.

Il y a une grande variété de particules, de très grandes, dans les cendres volantes et la poussière de charbon; et de l'autre côté du spectre il y a des particules proches de la dimension des grandes molécules. De grandes particules de suie et de poussière peuvent être sans autre enlevées dans des chambres de sédimentation ou dans des cyclones, où des forces de gravitation ou centrifuges sont employées pour séparer les particules en fonction de leur poids. D'autres méthodes consistent dans l'élimination de la poussière par filtration

à travers de la toile de coton, de plastique tissé ou de fibre de verre. Pour la poussière très fine de l'ordre de 0,5 à 1,0 micron il nous faut appliquer des procédés dans lesquels la particule chargée électriquement est ôtée par des électrodes maintenues à une différence de potentiel de 15.000 à 40.000 volts [6, 7]. En captant les particules d'une dimension voisine de la longueur d'onde de la lumière, une fraction importante de la poussière responsable de la dispersion de la lumière est ôtée et par conséquent la probabilité de formation de panache visible est fortement diminuée. Chacun de ces procédés de capture de la poussière a trouvé une large application dans l'industrie, mais même aujourd'hui des études systématiques pour accroître leur efficacité seraient très bienvenues [8].

La poussière présente dans le combustible n'est pas le seul agent responsable des émissions inadmissibles par les cheminées. Virtuellement, tous les autres constituants du gaz des cheminées — eau, oxyde de carbone, et oxydes de soufre et d'azote — jouent un certain rôle.

Une grande attention a été portée au devenir des oxydes de soufre après qu'ils ont quitté la cheminée. La petite quantité d'acide sulfurique se combine avec l'eau et quelques-uns des constituants des cendres pour former les panaches bleuâtres visibles, que l'on voit souvent sortir des cheminées industrielles. Le gaz sulfureux réagit lentement avec l'oxygène pour former de l'acide sulfurique et les sulfates correspondants et il contribue de cette manière à l'état brumeux souvent repérable à une grande distance des établissements industriels.

TABLEAU III.

Comparaison des Concentrations Mesurées et Calculées de Polluants dans la Ville de Los Angeles

Polluant	Jour clair[1] (*parties par million par vol.*)		Jour de brouillard[2] intense (*parties par million par vol.*)	
	Mesuré	Calculé	Mesuré	Calculé
Oxyde de carbone	3,5	3,5[3]	23,0	23,0[3]
Oxydes d'azote	0,08	0,10	0,4	0,6
Gaz sulfureux	0,05	0,08	0,3	0,5
Hydrocarbures totaux	0,2	0,40	1,1	2,6
Aldéhydes	0,07	0,02	0,4	0,1
Acides organiques	0,07	0,03	0,4	0,2
Ozone	0,02	0,02	0,50	0,02

[1] Visibilité 7 milles
[2] Visibilité moins de 1 mille
[3] La méthode définit la valeur calculée comme la même que la valeur mesurée pour CO.

La preuve que de telles oxydations ont bien lieu lorsque les gaz ont quitté la cheminée est rencontrée dans un bilan intéressant de pollution préparé pour le Bassin de Los Angeles, montré dans le tableau III. La quantité d'émission de gaz sulfureux à partir de toutes les sources — opérations des raffineries combustion de l'huile, consommation d'essence — est bien connue. Nous connaissons également la zone dans laquelle cette émission est dispersée, ainsi que la hauteur de la couche d'inversion qui limite son mouvement ascensionnel. A partir de ces données nous pouvons calculer la concentration attendue en gaz sulfureux et comparer celle-ci avec la concentration moyenne réellement ob-

servée. Nous trouvons, en établissant ce bilan, qu'environ un tiers du gaz sulfureux manque. On trouve le gaz sulfureux manquant de façon prédominante sous la forme de sulfates d'ammonium et de calcium dans les dépôts de poussière au-dessus de la région. De l'acide sulfurique libre, sauf à proximité immédiate de la cheminée, est le plus souvent absent.

Le Tableau montre quelques autres écarts intéressants dans les valeurs pour les oxydes d'azote et les hydrocarbures. Leur concentration dans l'air est considérablement moindre qu'on l'attendrait des émissions connues établies avec une grande précision dans la vérification de la source. D'autre part, nous notons que la concentration des acides organiques, des aldéhydes, et de l'ozone sont beaucoup plus élevées qu'on l'attendrait. Apparemment, comme dans le cas des oxydes de soufre, une oxydation s'est produite dans laquelle les hydrocarbures, principalement l'essence, ont été transformés en des dérivés oxygénés. Spécialement intriguante est l'apparition d'ozone dans une atmosphère polluée, lequel, sur la base d'expériences antérieures en d'autres zones, est habituellement absent des villes.

L'air de Los Angeles est différent sous divers autres aspects. Il n'y a aucune ressemblance du tout avec les problèmes des villes dans la partie orientale des E.-U. où le charbon est la source principale d'énergie et où, par conséquent, la suie noircit tous les batiments et les oxydes de soufre corrodent les matériaux. Los Angeles est une ville très propre sous cet angle, avec une retombée de poussières de seulement 20 à 30 tonnes par mois et par mille carré, en comparaison de plusieurs fois cette quantité dans d'autres villes industrielles. Les nuages irritant les yeux à Los Angeles s'accompagnent de plaintes de la part des fermiers à propos des dommages aux récoltes et, assez étrangement, des fabricants de caoutchouc, qui ont observé que leurs produits se fendaient plus fortement dans cette zone que dans d'autres endroits du pays. Le contrôle des poussières et du gaz sulfureux ne fut d'aucune aide, car ces phénomènes sont dus à un effet tout à fait différent de celui du type réducteur, plus ancien, de la pollution de l'air. Le brouillard de Los Angeles, contrairement à ce type de pollution, est caractérisé par sa forte action oxydante [9].

Pour la mesure pratique de l'effet oxydant typique du brouillard de Los Angeles, on utilise la libération d'iode du iodure de potassium. Parce que la concentration de gaz sulfureux, une substance réductrice, est faible à Los Angeles, l'interférence avec les mesures d'oxydation est habituellement négligeable. Cela n'est pas vrai pour d'autres zones où la présence de polluants oxydants a souvent échappé à l'attention à cause de l'effet masquant des substances réductrices. Maintenant on a bien reconnu qu'un semblable brouillard oxydant produisant la pollution est présent dans la plupart de nos zones métropolitaines et la seule différence gît dans la fréquence et la gravité de la pollution.

La concentration de l'oxydant varie durant le jour, croissant vers midi et décroissant jusqu'à une absence virtuelle durant les heures de la soirée et de la nuit. Le temps de concentration accrue de l'oxydant est invariablement lié à l'irritation des yeux et à la brume. Le type de dommages aux plantes par les polluants oxydants peut être directement distingué des dommages dus à d'autres types de polluants, tels que le gaz sulfureux ou les fluorures. Les plantes sensibles — épinards, cannes à sucre, alfa, endives, orge et haricots pinto — sont utilisées intensément pour mesurer l'étendue de la pollution [10]. Une partie majeure de l'oxydant consiste en ozone, lequel est directement responsable de l'excessif craquement du caoutchouc observé dans la zone

de Los Angeles. Des méthodes spectrographiques aussi bien que chimiques ont définitivement établi la présence de concentrations d'ozone 20 à 30 fois plus élevées que celles trouvées dans l'air non pollué, où la concentration normale s'élève à 1 à 3 parties pour cent millions.

Une méthode simple et peu coûteuse de mesurer l'ozone implique l'utilisation de fragments courbés de caoutchouc sans anti-oxydant comme indicateurs. Le temps nécessaire pour l'apparition des fentes est en rapport direct avec le taux d'ozone de l'air. De nuit, ou par les jours sans brouillard, cela peut demander jusqu'à une heure avant que les premières fentes n'apparaissent; par jour de brouillard les fendillements sont souvent perceptibles après quelques minutes [11]. Dans l'atmosphère au-dessus d'une ville, on doit s'attendre que l'azote réactif entre en réaction avec un certain nombre d'autres polluants. Parmi les plus prédominants de ces groupes on a les oléfines, présentes dans l'essence; des expériences de fumigation avec des fractions de l'essence et aussi avec des oléfines pures que l'on a laissé réagir avec l'ozone ont conduit à la reproduction des symptômes typiques de l'endommagement des plantes et de l'irritation des yeux, à la formation de brume, et à une odeur typique du brouillard, tout aussi bien. Ces expériences indiquent fortement que les substances irritantes sont des produits d'oxydation intermédiaires de l'oxydation des hydrocarbures et qu'ils sont de nature peroxydique, puisque les produits finaux usuels — aldéhydes, cétones, et acides organiques — sont inactifs dans le domaine de concentration utilisé.

La plupart des composés organiques sont relativement stables à l'égard de l'oxydation lorsqu'ils sont totalement purs, mais la présence de peroxydes accélère l'auto-oxydation de façon considérable par une réaction en chaîne mise en branle par l'enlèvement d'hydrogènes de la chaîne carbonée. Cet effet peut être accompli également par l'action de la lumière, soit sur l'hydrocarbure ou sur la molécule d'oxygène. Dans ce dernier cas, l'oxygène excité peut enlever l'hydrogène. La plupart des hydrocarbures n'ont pas de bandes d'absorption dans la région des longueurs d'onde de la lumière visible pour une réaction photochimique directe, mais de semblables réactions ont lieu d'une manière détournée en ayant présente une substance qui accepte l'énergie lumineuse et la transfère subséquemment au composé à oxyder. Dans la nature on trouve de telles substances dans la chlorophylle et d'autres pigments actifs photochimiquement. Dans les atmosphères pollués, le dioxyde d'azote fonctionne en tant que catalyseur d'oxydation. Une forte absorption de la lumière par le dioxyde d'azote se produit à partir du proche ultraviolet à travers la région bleue du spectre, et par irradiation, le dioxyde d'azote se scinde en oxygène atomique et en oxyde nitrique. Des expériences de fumigation à la lumière solaire avec de l'essence ou des oléfines en présence d'oxydes d'azote aboutirent à de l'irritation des yeux et au même type de dommages aux plantes que l'on avait obtenu précédemment avec l'ozone agissant directement sur les oléfines. Le gaz sulfureux est oxydé par le même système photochimique et il contribue à la réduction de la visibilité.

La Figure II donne une vue schématique du mécanisme principal conduisant aux symptômes du brouillard.

Recherches théoriques. — Lorsque tous les symptômes typiques du brouillard eurent été reproduits, demeurait le problème d'expliquer la teneur

relativement élevée en ozone dans l'atmosphère polluée. On a maintenant bien établi que l'engendrement de l'ozone est intimément lié à la même réaction photochimique de la matière organique en présence des oxydes d'azote qui cause l'irritation des yeux et les dommages aux plantes. La formation de l'ozone est apparemment un phénomène général et on l'observe avec de nombreux types de composés organiques. La production d'ozone a été attribuée à la formation intermédiaire de radicaux peroxyde ainsi qu'il est montré dans les équations de a à f.

a) $NO_2 + LV$	$\rightarrowtail$ $NO + O$	photo-dissociation du dioxyde d'azote
b) $O + RH$	$\rightarrowtail$ $HO. + R$	formation radical alkylé
c) $R. + O_2$	$\rightarrowtail$ $ROO.$	formation radical peroxylé
d) $ROO. + O_2$	$\rightarrowtail$ $RO. + O_3$	formation d'ozone
e) $ROO. + NO_2$	$\rightarrowtail$ $ROONO_2$	formation de nitrate peracylé
f) $O + O_2$	$\rightarrowtail$ O_3	formation d'ozone

Nous pouvons imaginer d'abord une dissociation activée par la lumière du dioxyde d'azote en oxyde nitrique et en oxygène atomique (éq. a) suivie par la formation de radicaux libres par l'action de l'oxygène atomique sur des composés organiques (éq. b). La formation subséquente de radicaux peroxylés conduit aux nitrates peracylés irritant les yeux et endommageant les plantes et à l'ozone, (éq. d, e et f).

Une étude systématique des concentrations d'hydrocarbure et des oxydes d'azote où la formation d'ozone a lieu ont montré que la réaction est limitée à des concentrations tout à fait basses des réactifs. Des expériences de ce type ont concentré l'attention sur les circonstances particulières du problème de la pollution de l'air — c'est-à-dire, la dilution extrême. Un chimiste rapportant vaguement des réactions lentes et rapides a dans l'esprit les conditions du laboratoire où des concentrations de l'ordre de 10 pour cent sont le plus habituellement utilisées. Dans les réactions atmosphériques, les concentrations sont de l'ordre de 0,00001 pour cent — environ un millionième de celles-ci. Par suite, les réactions qui, dans les conditions habituelles du laboratoire, sont considérées comme rapides, deviennent très lentes. Par exemple, lorsqu'une réaction bimoléculaire avec des participants dans le domaine de concentration de 10 pour cent (100.000 parties par million) exige 0,0036 secondes pour le temps de demi-réaction, cela prend 10^6 fois autant de temps, ou une heure entière, pour atteindre le même point avec une concentration de 0,1 partie par million. Dans ces dernières circonstances, non seulement l'ozone peut exister en présence d'agents réducteurs, mais même les radicaux libres ont une beaucoup plus grande chance de survie. Cela demanda plusieurs années pour débrouiller des réactions relativement simples, telles que la photodécomposition de l'acétone, du diacétyle, et d'autres composés. Dans l'air ces réactions sont compliquées par la présence d'oxygène, d'eau, de gaz carbonique, et une variété presque infinie de composés de l'évaporation et de la combustion de l'essence et de l'incinération des déchets sous leurs multiples formes.

Le champ des réactions atmosphériques est toujours encore activement étudié par un certain nombre de physico-chimistes et il fournit un exemple intéressant de la manière dont un problème pratique a stimulé nombre de recherches théoriques. Une telle étude a familiarisé un grand groupe de physicochimistes avec le domaine excitant de la dilution extrême dans lequel la recherche doit se montrer être beaucoup moins troublée et compliquée que la recherche à des concentrations plus élevées où les molécules se heurtent beaucoup

trop fréquemment. De plus, les aspects pratiques de la photochimie de la pollution de l'air ont rendu disponible l'instrumentation nécessaire à l'étude de ces phénomènes d'un point de vue théorique. Le physicien purement théorique et le chimiste auraient de la difficulté à obtenir les millions de dollars qui ont passé dans le développement de ces instruments. Il est agréable de trouver que, comme un sous-produit de l'étude d'un problème désagréable tel que celui de la pollution de l'air, une contribution significative à des problèmes fondamentaux en chimie ont pu être accompli [12, 13].

Fumées des Echappements des Voitures. — Ces réactions remarquables confirmées dans plusieurs laboratoires fournissent une base solide pour des mesures témoins. Pour empêcher la survenue de ces symptômes désagréables, il nous faut contrôler les émissions des polluants primaires, hydrocarbures et oxydes d'azote. La cession d'hydrocarbures par les raffineries a été depuis longtemps corrigée à Los Angeles et actuellement la source restante principale d'hydrocarbures, c'est l'échappement des voitures. Ces émissions sont dues à la combustion incomplète du combustible et la décharge d'essence non consumée par l'échappement. Le carter, le carburateur, et le réservoir contribuent à l'émission d'hydrocarbures par évaporation du combustible. L'importance relative de ces émissions est montrée dans le Tableau IV.

Tableau IV.

Emissions de Polluants de la Voiture Moyenne en Grammes par Litre d'Essence Utilisée

	Hydrocarbures	Oxyde de Carbone	Oxide d'Azote
Echappement	50 g.	330 g.	18 g.
Reniflard	17 g.	0,8 g.	—
Evaporation (carburateur + réservoir)	12 g.	—	—

La perte totale d'essence pour le conducteur moyen consommant 8 litres d'essence par jour est de 0,6 litre ou environ 8%. La perte réelle en *valeur combustible* est même plus grande et s'élève à 15% lorsque la forte émission d'oxyde de carbone est comprise. L'énorme gaspillage de combustible pour les 90 millions de voitures aux Etats-Unis seulement, à cause d'insuffisance de combustion, est de 100 millions de litres par jour.

Des dispositifs ont été développés qui brûlent les hydrocarbures dans des silencieux spécialement construits. Alors que ceux-ci se sont montrés efficaces, leur coût relativement élevé et entretien est resté une objection [14]. Depuis 1966, les voitures de la General Motors et de Ford ont été équipées d'un système d'injection d'air qui permet à la combustion de l'excès de combustible d'avoir lieu dans la tubulure d'échappement. Chrysler a adopté un système qui donne une combustion plus complète dans le moteur lui-même en utilisant un certain mélange air-essence couplé avec des ajustages du carburateur et un retardement du point d'inflammation. L'émission du carter est alors remise en circulation à travers le filtre à air et brûlé tout ensemble avec le flux normal d'essence.

Contrôle des Oxydes d'Azote. — Les oxydes d'azote sont formés dans des combustions à haute température à partir de l'azote et de l'oxygène de l'atmosphère. Les usines énergétiques et les voitures à Los Angeles produisent, respectivement, 300 et 600 tonnes d'oxydes d'azote par jour, en brûlant 100.000 barrils de mazout. Plusieurs laboratoires d'*engineering* sont actuellement à la recherche de procédés pour réduire le taux en dioxyde d'azote des gaz d'échappement provenant de la combustion du gaz, de l'huile et de l'essence, par des études sur les conditions variables de combustion que l'on peut obtenir par la modification des chaudières ou par des changements dans le projetage des moteurs. Dans les usines énergétiques une réduction de 50% dans les oxydes d'azote a été accomplie par l'introduction d'une combustion secondaire. La majeure part du combustible est brûlée avec une déficience en oxygène; de l'air supplémentaire est subséquemment introduit pour compléter la combustion du combustible.

Dans les moteurs d'automobiles, une méthode prometteuse renvoie une fraction de l'air de l'échappement vers la prise d'air. De cette manière, la température de flamme est abaissée et il se forme moins d'oxydes d'azote. La réduction est aussi élevée que 80%, sans affecter de manière perceptible la maniabilité de la voiture [15, 16].

Souvent s'est élevée la question, « Ne peut-on faire l'un ou l'autre — le contrôle des hydrocarbures ou le contrôle du dioxyde d'azote? » La réponse, je crois, est « Non ». La plupart des réactions du brouillard sont directement dépendantes du produit de la concentration à la fois des hydrocarbures et des oxydes d'azote.

L'automobile privée est le contrevenant majeur à ces deux égards, et il n'y a pas de fondement raisonnable pour espérer que les dispositifs de contrôle entre les mains du possesseur moyen de voiture vont donner n'importe où des performances approchées de celles qu'ils donnent dans un laboratoire d'essais automobile. Egalement, des modifications dans la composition de l'essence ne laissent pas espérer d'effet drastique sur les hydrocarbures produisant le brouillard dans les échappements. L'accroissement constant de la population tend à neutraliser tout effort de contrôle, et il est par conséquent évident, que les émissions doivent être contrôlées toutes les fois que possible. Tout en étant un facteur inadmissible des réactions photochimiques, les oxydes d'azote sont inadmissibles de leur propre chef et ils sont très toxiques, même à faibles concentrations. Heureusement, nous n'avons pas encore approché nulle part le seuil nocif pour la santé de 3,0 parties par million, mais la concentration de ce polluant croît sans cesse; et puisqu'il apparaît dans toutes les combustions, l'augmentation est pratiquement proportionnelle à l'augmentation de population. Spécialement dans les zones de trafic intense, il se pourrait que la concentration dépasse par moments les limites d'innocuité, ou, plutôt, ce que nous croyons maintenant être les limites d'innocuité. Les oxydes d'azote sont jaunes et à faible concentration ils colorent habituellement le ciel. Sur cette base, le California's State Health Department a fixé des étalons pour la santé de la communauté qui exigent une réduction de 75% des oxydes d'azote des échappements d'automobiles, dès qu'un dispositif pratique sera disponible.

Modification des moteurs. — A cause des difficultés inhérentes à l'accomplissement d'une combustion complète dans les moteurs conventionnels,

un effort considérable est actuellement engagé dans le développement de voitures électriques. Certaines de celles-ci fonctionnent sur des batteries légères telles que les combinaisons: zinc-soufre, sodium-soufre ou lithium-soufre. D'autres font usage d'un élément à combustible, avec l'hydrogène et l'oxygène comme combustible. Un troisième type, et peut-être le plus prometteur, est une voiture hybride essence-électricité. Parce que son moteur à essence tourne à une vitesse déterminée pour garder les batteries chargées, il peut être fixé à une émission minimum. L'avenir de n'importe laquelle de ces voitures, qui sont encore aux premiers stades de leur développement, est incertain. Certains prédisent que dans 15-20 ans, la majorité des voitures dans les zones urbaines seront mues à l'électricité. Une prévision plus modérée et plus vraisemblable c'est que la combustion interne, la voiture à moteur à pistons, continue à dominer nos routes pendant les prochaines trente années au moins.

Etalons pour la Santé de la Communauté. — Les administrations pour le contrôle de la pollution de l'air ont la tâche difficile de survivre aux années d'attente jusqu'à ce que l'*engineering* satisfasse aux exigences de la communauté. Des programmes pour faire face aux conditions d'urgence ont quelque peu contribué à une meilleure compréhension de la part du public. Il est compréhensible que la majorité des gens non accoutumés à sentir ou à inhaler une potion d'ozone, d'oxydes d'azote, d'ozonides et de substances x, y, et z commencent un peu à s'inquiéter. Dans ces dernières années, la profession médicale à Los Angeles a fixé certains seuils au-dessous desquels il serait improbable qu'une catastrophe se produise. C'est là, de l'aveu général, une décision très difficile à prendre et elle a révélé une insuffisance sérieuse dans notre connaissance de l'hygiène de l'environnement.

Dans les études des effets sur la santé des contaminants de l'air, il devient évident qu'il y a une grande différence entre les niveaux industriel et général de population. Le groupe industriel comprend des individus sains dont ceux extrêmement sensibles ont été éliminés parce que les conditions de travail ne leur convenaient pas. Pour la population entière, une telle sélection n'a pas lieu à un degré tant soit grand, et nous sommes intéressés aux hypersensibles — les malades, les jeunes et les très vieux. Les officiers de santé publique ont la tâche très difficile d'établir les seuils de pollution pour un groupe aussi hétérogène, et l'issue n'est guère douteuse que, lorsque les seuils seront finalement adoptés, il y aura ceux qui maintiendront qu'ils sont trop élevés, alors que d'autres se feront les accusateurs de l'industrie parce que les seuils sont fixés trop bas. Les expériences chez l'animal, et même les expériences avec des êtres humains, tout en indiquant un certain niveau de toxicité ou d'intolérance, ne peuvent pas fournir la réponse pour une population générale. Dans les zones urbaines, on a affaire à plusieurs millions d'individus, et beaucoup appelerait un désastre la mort d'une ou deux personnes par million, ou de quelques 20 personnes pour une ville de la dimension de Los Angeles. L'impossibilité d'approcher à cette précision de prédiction dans une colonie expérimentale humaine ou même animale est évidente, car il nous faudrait expérimenter avec quelques millions d'individus pour obtenir une réponse statistiquement valable.

C'est pourquoi nous en arrivons à la conclusion que la seule personne apte à donner des réponses avec une certaine certitude sur l'issue de fumiga-

tions à grande échelle, c'est l'épidémiologiste recueillant les données sur les taux de mortalité et l'état sanitaire général. C'est naturellement malheureux que cette sorte d'étude vienne trop tard pour empêcher le désastre; d'autre part, ces études fournissent des données extrêmement précieuses sur les modes d'éviter le retour de la même séquence d'événements. L'étude des effets pré-toxiques consistant dans les réponses physiologiques, précurseurs du danger imminent, est l'une des approches les plus prometteuses de l'étude des seuils de pollution. L'un des changements physiologiques intensément étudié, c'est la plus grande résistance au flux de l'appareil respiratoire. [1] Les effets rencontrés à plus faible concentration ne représentent pas nécessairement des symptômes de toxicité, mais on peut les considérer comme de la même classe que l'éternuement, la toux, ou le clignement des yeux — à savoir comme signes précurseurs et symptômes pré-toxiques. De telles expérimentations formeront éventuellement la base pour les étalons de santé de la communauté.

Contrôle Préventif. — Les désastres de la pollution de l'air peuvent être prévenus et les effets nocifs peuvent être minimisés par un projet au moment opportun. Une telle planification requiert certaines informations de base sur le progrès d'un paquet d'air chargé de polluants au-dessus de la zone. Sont également désirées des données sur les changements intervenant dans le nuage de pollution lorsque, comme à Los Angeles, des gaz relativement inoffensifs réagissent pour former des irritants.

Lorsque tous ces faits, plus la taille et la nature de l'émission, sont connus, on peut alors commencer à penser à faire les diagrammes des trajectoires et des lignes d'isopollution pour différentes substances. Ce type de calcul a été fait par Frenkiel [17] pour un cas hypothétique dans la zone de Los Angeles, mais il est généralement applicable à d'autres zones. Son usage va devenir plus largement accepté au fur et à mesure que la densité de population croîtra. Dans les incidents aiguës de la pollution de l'air, explosions, ou libération de substances chimiques toxiques qui exige l'estimation immédiate de la zone à évacuer, des facilités modernes de calcul pourraient donner la réponse en quelques secondes.

L'ingénieur de l'environnement a une autre fonction importante, celle de conseiller le lieu d'implantation de l'industrie. Une erreur de jugement à cet égard peut déboucher sur des années de procédures judiciaires onéreuses, sans victoire pour aucune des parties. On pourrait donner de nombreux exemples de l'établissement irréfléchi d'industries dans des zones pauvrement ventilées, avec pour résultat une pollution intense et des frais élevés de contrôle, et des rapports publics pauvres. Une connaissance détaillée des caractéristiques météorologiques et géographiques d'une zone permet au mathématicien appliqué d'estimer l'impact des émissions à partir de sources individuelles sur d'autres zones. La science du calcul moderne peut résoudre les problèmes traitant d'une source diffuse telle que l'automobile, en calculant et en intégrant la contribution individuelle de cette source multiple.

Connaissant les taux d'accroissement ou le contrôle de chaque source, on peut faire des prédictions exactes sur les niveaux futurs de pollution, et ces prédictions peuvent guider les officiers de contrôle dans leur tâche [18, 19]. Le traitement mathématique de l'expansion et du mouvement des nuages de pollution aide à établir la question des contributions relatives de diverses

sources en un lieu donné. Il est tout à fait commun de faire référence vaguement à des sources mineures et majeures, en perdant complètement de vue le fait que dans certains voisinages une source locale peut avoir un effet de plus grande nocivité que des sources plus grandes situées au loin. Une grande quantité de frottement pourrait être évitée en reconnaissant ce fait simple, et de cartes de contribution relative pour différents endroits pourraient être d'une grande aide pour l'établissement objectif de certains des arguments brûlants.

Puissance de l'homme. — Les problèmes de la pollution de l'air sont aussi divers que les activités des gens eux-mêmes. Les problèmes rencontrés dans la conservation de l'air sont extrêmement complexes et ont besoin de l'assistance coopérative de maintes disciplines scientifiques et techniques.

Il n'y a presque pas un domaine de l'effort de l'homme qui ne soit touché. L'étudiant de l'hygiène de l'environnement a des centaines de milles carrés comme laboratoire et à peu près tout ce qu'une population émet dans l'air comme substances chimiques — en d'autres termes, un mélange représentant une portion mesurable des composés chimiques minéraux et organiques. Ses accomplissements doivent être accordés à une population aussi diverse en réactions et en réponses, qu'une personne « moyenne » n'a aucune signification dans son problème. Entrant dans les occupations normales de la communauté et interférant souvent avec elles, il doit être dotés de talents diplomaciques et judiciaires.

L'inspecteur de la fumée des temps passés accomplit encore une fonction utile, mais le contrôle des émissions par les industries modernes, les véhicules à moteur, les insecticides, les désherbants, et des solvants variés exige une technicité qui implique l'usage de la série complète de l'équipement d'un laboratoire moderne, des instruments optiques, des spectrographes et de la chromatographie gazeuse. L'importance accrue de la tâche de l'ingénieur d'environnement et du chercheur pour la protection de la propreté de l'air est ressentie dans maints quartiers, et plusieurs universités et bureaux fédéraux ont inauguré des cours sur les aspects pratiques et théoriques du contrôle de la pollution de l'air (réf. 3 page 33).

L'Avenir du Contrôle. — Notre confiance dans l'abondance des quatre principaux éléments de nos ancêtres a été sévèrement ébranlée à une époque récente. Nous avons appris que la population croissante aura de moins en moins de place où faire croître ses cultures et où garder son bétail. Le charbon, l'huile et les réserves de gaz ont des limites de temps définies et l'eau de nos rivières et de nos lacs devient de plus en plus polluée. Finalement, notre approvisionnement en air supposé infini s'est révélé être lui aussi limité. Avec l'avènement de l'énergie atomique, beaucoup de ces problèmes peuvent être résolus, mais l'utilisation universelle de l'énergie atomique rendra le problème de garder notre air apte à la respiration encore plus difficile. Actuellement nous sommes concernés par des constituants présents à des concentrations de quelques parties par million. La génération future, et une partie de la présente, doit s'inquiéter de l'élimination de polluants en quantités plus faibles par un facteur de plusieurs puissances de dix. Dans ce procédé d'épuration plus efficace, la

connaissance théorique et l'habileté technique requises seront beaucoup plus grandes que la connaissance et l'habileté existantes aujourd'hui.

Le coût énorme pour la communauté de la pollution de l'air justifie que nous appliquions un effort majeur à contrôler ce problème et à engager d'éminents chercheurs et ingénieurs pour venir à bout de ces problèmes toujours croissants. Nous pouvons nous permettre de payer pour de l'air pur.

Dans la zone de Los Angeles seulement, il est estimé que plusieurs centaines de millions de dollars ont déjà été dépensés pour amoindrir quelques émissions, et il faudra dépenser beaucoup plus avant que le brouillard ne soit à nouveau imperceptible. A l'heure actuelle, les autorités de contrôle de la pollution de l'air, travaillant contre un accroissement de 4 pour cent dans la population, sont en train de faire quelque chose de mieux que de tenir le flambeau. Dans la nation toute entière, les dépenses vont faiblir et tourner autour de milliards de dollars. Le contrôle des 90 millions de voitures aux E.-U. seulement va coûter vers les 9000 millions de dollars. Cela n'inclue pas le coût de rénovation et d'entretien qui est estimé être au moins d'un milliard de dollars par an.

Il est compréhensible qu'il y ait eu beaucoup de résistance à l'installation d'un équipement de contrôle onéreux qui souvent ne contribue pas d'une manière directe aux profits. Quelques-unes des objections ont été levées dans ces dernières années, et on admet maintenant généralement que les dommages dus à la pollution de l'air sont importants et que des mesures de guérison paient souvent d'elles-mêmes et dans certains cas peuvent même donner des profits. La corrosion due à l'émission de diverses substances chimiques est une source d'énorme dépenses pour le public. Les méthodes de guérison vont réduire cette corrosion et vont aussi abaisser les notes de nettoyage pour l'extérieur, comme pour l'intérieur, de nos maisons, ainsi que mentionné précédemment.

Mais, même s'il n'est fait aucun profit direct, de nombreuses choses intangibles rendent rentables l'amélioration des conditions de vie. Le standard de vie des travailleurs est élevé et des effets nocifs possibles sur leur santé sont éliminés. Cela contribue à une efficacité accrue de la part du travailleur. Cela élève aussi la valuer de la propriété industrielle et des biens immobiliers à l'entour. Dans beaucoup de cas, la procédure est allée bien plus loin que de traiter simplement les problèmes existants de la pollution de l'air. A l'heure actuelle, les conditions climatologiques et topographiques sont examinées soigneusement dans le choix de l'implantation d'une nouvelle industrie et dans la construction des nouveaux immeubles, l'installation de l'équipement du contrôle de la pollution de l'air est considéré à l'avance plutôt qu'en un temps où les relations publiques ont déjà souffert d'un grave échec.

Le vieux slogan, « La prospérité se mesure par le nombre des cheminées fumantes », n'est plus vrai. Aujourd'hui, la prospérité peut être mesurée par le nombre des bombements d'allure étrange qui font sallie sur le toit des usines. Ces bombements sont des collecteurs de poussière et de fumée et ils indiquent que la communauté et son industrie ont progressé vers un standard de vie et de conscience sociale qui ne permettent pas à des émissions inadmissibles de se propager au-dessus de la propriété d'autrui. Beaucoup d'usines et de bureaux modernes ont installé des systèmes de purification étendue de purification de l'air, puisque l'expérience a montré que l'air pur est plus salutaire et conduit à un absentéisme amoindri et, de plus, laisse les dépenses de nettoyage et de redécoration à leur minimum. Des laboratoires scientifiques, aussi, ont trouvé que la purification de l'air vaut la peine pour la protection contre les dommages

des plantes, contre l'interférence dans des systèmes enzymatiques sensibles, et contre la destruction de composés organiques oxydo-sensibles.

Moins satisfaisante, d'un point de vue hygiénique, est la manière dont beaucoup d'entre nous passent leur journée à subir des fumigations de fumée de tabac et d'échappements de voitures, une combinaison qui pendant de nombreuses années a été tenue en suspicion où ses effets sur la santé sont concernés.

L'effort déterminé du Federal Government de rendre à ce pays son air pur est distingué dans l'augmentation des crédits pour ses activités dans la pollution de l'air. Les subsides démarrèrent en 1955 avec 186.000 $ pour atteindre 4 millions en 1960 et on attend qu'ils s'élèvent a 64 millions cette année. La loi sur l'Air Pur a fait des réserves pour agir dans les différends entre les Etats et a, par l'établissement des étalons fédéraux de santé de la communauté, le moyen de corriger les violations à l'intérieur des Etats lorsque les efforts locaux sont non désireux ou impuissants à le faire.

Réorganisation de l'Administration Urbaine. — L'air ne respecte pas les frontières légales. Il se déplace librement de ville en ville, à l'intérieur d'un bassin naturel, « un hangar à air », une entité geographique et météorologique. Il pourrait s'agir d'une vallée étroite ou d'une vaste surface couvrant des milliers de kilomètres carrés. L'air charrie avec lui la pollution d'une juridiction à une autre et en combattant la pollution de l'air dans les zones urbaines modernes, nous avons besoin de structures gouvernementales qui puissent venir à bout de ce mal.

Il existe maintenant des lois fédérales qui peuvent venir à bout des problèmes de pollution entre Etats, lorsque la pollution franchit les frontières des Etats. Une attaque concertée dans les zones urbaines est encore dans son enfance.

Les villes américaines sont un conglomérat d'entités légales séparées. Le Conté de Los Angeles renferme 76 villes indépendantes, chacune défendant son indépendance et ses intérêts privés à n'importe quel prix. Tous les chercheurs en pollution de l'air en zones urbaines en sont venus à la conclusion qu'une réorganisation et une nouvelle conception dans l'administration des villes est essentielle. Cela n'est valable pas seulement pour la pollution de l'air, mais est valable avec une force égale pour d'autres aspects de la vie urbaine - transports, éducation, fiscalité, etc. Toutes ces facettes de la vie urbaine sont étroitement interreliées et interdépendantes. Les précautions que nous prenons pour le transport des personnes, l'implantation de nos industries, la manière dont nous alimentons nos industries et celle dont nous disposons de nos montagnes de déchets — tous ces aspects du plan de la communauté déterminent la qualité future des approvisionnements en air de notre communauté. Par une approche aggressive et intelligente aux problèmes de notre communauté, avec la bonne volonté d'une majorité de gens pour aller au devant des profits à court terme pour le beaucoup plus grand avantage de respirer de l'air pur, nous pouvons prévenir le brouillard partout et en tous temps.

Pasadena, California Institute of Technology.

A. J. Haagen-Smit

(Traduit par B. Bizzini - Neuilly-sur-Seine)

BIBLIOGRAPHIE

[1] Extensive reviews of the effects of air pollution on humans, animals, plants, and materials are found in publications of the United States Department of Health, Education and Welfare in Washington, D. C.; in the World Health Organization's Monograph No. 46 entitled Air Pollution (1961) and in volume I of *Air Pollution* edited by A. C. STERN (1962). The chapter by M. D. THOMAS in the World Health Organization volume, *Effects of air pollution on plants*, contains many colored pictures of smog damage.

[2] *The Air Pollution Handbook*. P. L. MAGILL, F. R. HOLDEN, C. ACKLEY. McGraw-Hill, New York (1956).

[3] *Atmospheric carbon dioxide*. Chapter on Restoring the Quality of Our Environment, pp. 112-133. Report of the Environmental Pollution Panel, President's Science Advisory Committee (Nov. 1965). Government Printing Office, Washington, D. C., U.S.A.

[4] *Air Conservation*. Report of Air Conservation Commission of the American Association for the Advancement of Science, Publication no. 80. Am. Ass. Adv. of Science, Washington, D. C. (1965).

[5] HAAGEN-SMIT A. J., *Carbon monoxide levels in city driving*. Arch. Environ. Health *12*, 548-551 (1966).

[6] MUNGER H. P., *The spectrum of particle size and its relation to air pollution*, in I. C. McCabe *Air Pollution*. Mc Graw-Hill, New York (1952). Chapter 2, p. 12.

[7] GREEN H. L. and W. R. LANE, *Particulate Clouds, Dusts, Smokes and Mists*. Van Nostrand Co., Princeton, New Jersey, U.S.A. (1964).

[8] *Air Pollution*, edited by A. C. STERN. Control methods are discussed in volume 2 (1962).

[9] HAAGEN-SMIT A. J., *Chemistry and physiology of Los Angeles smog*. Industrial and Engineering Chemistry *414*, 1342-1346 (1952).

[10] MIDDLETON J. T. and A. J. HAAGEN-SMIT, *The occurrence, distribution, and significance of photochemical air pollution in the United States, Canada and Mexico*. J. Air Pollution Control Association *11*, 129-134 (1961).

[11] HAAGEN-SMIT A. J. and C. E. BRADLEY, *The application of rubber in the quantitative determination of ozone*. Rubber Chemistry and Technology *24*, 750 (1951).

[12] HAAGEN-SMIT A. J., *Reactions in the atmosphere*. *Air Pollution*, edited A. C. STERN, volume I, pp. 41-62. Academic Press, 1962. Revised edition in press (1968).

[13] LEIGHTON P. A., *Pholochemistry of Air Pollution*. Academic Press, New York (1961).

[14] Vehicle emissions. Technical Progress Series. Volume 6. Society of Automotive Engineers, Inc., 485 Lexington Ave., New York 10017. Distribution Pergamon Press Ltd., Oxford, England (1964).

[15] KOPA R. D. and H. KIMURA, *Exhaust gas recirculation as a method of nitrogen oxides control in an internal combustion engine*. 53 Ann. Meeting APCA, Cincinnati, Ohio (May 1960).

[16] DAIGH H. D. and W. F. DEETER, *Control of nitrogen oxides in automotive exhaust*. Am. Petrol Inst. 27th Meeting, San Francisco, Calif., (May 17, 1962).

[17] FRENKIEL F. N., *Atmospheric pollution and zoning in an urban area*. Sci. Mon. *82*, 194-203 (1956).

[18] TURNER D. B., *A diffusion model for an urban area*. J. Appl. Meteor. *3*, 83-91 (1964).

[19] MILLER M. E. and G. C. HOLZWORTH, *An atmospheric diffusion model for metropolitan areas*. J. Air Pollution Control Ass. of America *17*, 46-50 (1967).

TRAITEMENT DE L'INFORMATION DES CELLULES NERVEUSES

A l'origine des actions et des manifestations conscientes de l'homme se trouvent les multiples processus du traitement de l'information dans les cellules nerveuses du système nerveux central. Par ces processus, les informations délivrées par les organes des sens sont réduites à un flux d'information de moins de 50 bit/s. L'exploitation des propriétés fondamentales connues des cellules nerveuses au moyen de modèles électroniques et mathématiques a révélé que déjà la cellule nerveuse isolée est apte à accomplir beaucoup des fonctions du traitement de l'information analogique et digitale ainsi qu'une série de fonctions spéciales d'aiguillage. Déterminant pour la performance du système nerveux central est, à côté de ces facultés, le nombre global des cellules nerveuses. Un examen des découvertes préhistoriques montre que le développement biologique du cerveau humain progresse à vrai dire d'une manière relativement extraordinairement lente, mais que l'augmentation absolue du nombre des cellules nerveuses peut être aussi, dans des périodes historiques, d'une grande signification.

1. - Le système nerveux central. — L'être humain reçoit toutes les informations sur son milieu par le truchement de ses organes des sens. Ces derniers renferment les récepteurs proprement dits des sens, dont nous possédons plus de 10^9. Les séquences d'impulsions avec des fréquences jusqu'à environ 1.000 Hz produites par les organes des sens, qui contiennent les informations, s'écoulent par la voie de plusieurs millions de conduits nerveux vers le système nerveux central. Chacun de ces canaux est capable de transmettre des flux d'information de 10 à 100 bit/sec, de sorte que, par conséquent, la « capacité en canaux » totale des canaux d'entrée du système nerveux central se trouve vers 10^7 jusqu'à 10^8 bit/sec. Dans le système nerveux central constitué d'environ $1{,}5 \cdot 10^{10}$ cellules nerveuses (neurones), les impulsions qui affluent sont élaborées en les informations proprement dites. De là, le flux d'information parvenant dans notre conscience se situe en-dessous de 25 bit/sec. Nous dérivons de celui-ci et des expériences emmagasinées toutes nos actions et manifestations conscientes. Celles-ci correspondent également à des flux d'information relativement bas, dont la limite supérieure se monte à environ 50 bit/sec. Pour cela sont en fait nécessaires à nouveau des millions de conduits nerveux qui conduisent aux muscles et dont la capacité globale en canaux se situe à environ 10^7 bit/s. La fig. 1 met en évidence ces rapports.

Le rétrécissement des flux d'information dans le cerveau de plus d'une puissance cinq de dix fournit une représentation de l'étendue énorme des procédés de traitement de l'information, des processus de filtrage, de recherche et de choix, des estimations et des décisions, qui se jouent dans le cerveau. Les connaissances actuelles sont encore bien loin de pouvoir suivre en détail ces processus de l'action commune des cellules nerveuses. Des progrès essentiels ont cependant été accomplis dans les dernières dix années lors de l'élucidation des fonctions de traitement de l'information des cellules nerveuses elles-mêmes.

2. - CELLULES NERVEUSES. — Les cellules nerveuses ont des formes et des dimensions très variables; chaque cellule nerveuse consiste essentiellement en le corps de la cellule avec un diamètre entre 5 μm et 100 μm et à partir et celui-ci de nombreux prolongements ramifiés. De ces derniers, la majorité, les ainsi dites dendrites, sont relativement courts (moins de 1 mm) et se terminent librement. Un processus filamenteux particulièrement marqué avec un diamètre entre 2 μm et 16 μm et des longueurs jusqu'à plus de 1 m c'est le canal efférent (axone, neurite) de la cellule nerveuse. Il se termine (le plus souvent avec de nombreuses ramifications) sur les membranes d'autres cellules nerveuses et forme ainsi leur canal d'entrée ou sur des muscles ou des glandes qui, par les impulsions transmises, sont excités.

La fonction fondamentale de la cellule nerveuse consiste en ce qu'elle émet dans l'axone des impulsions électriques, lorsque la membrane de la cellule par l'intermédiaire des « boutons terminaux » des canaux afférents (« synapses ») est excitée à cela par les impulsions afférentes.

A. L. HODGKIN et A. F. HUXLEY ont, en 1952, sur la base de mesures précises sur l'axone d'une grosse cellule nerveuse largement expliqué le mécanisme d'action de la membrane cellulaire et décrit les processus par des équations mathématiques [1]. Les résultats essentiels sont brièvement les suivants:

1) Le corps de la cellule agit avec sa membrane électriquement isolante comme un réservoir électrique (condensateur).

2) Par une action active de la membrane, les ions Na positifs sont acheminés de l'intérieur de la cellule vers l'extérieur à l'encontre des champs électriques et à l'encontre de la diffusion, de sorte que la concentration en ions Na à l'intérieur est infiniment plus faible qu'à l'extérieur. Il s'établit ainsi un potentiel de repos négatif de l'intérieur de la cellule envers l'espace extérieur (environ -70 mV). Par suite de la chute de potentiel, s'instaure à l'intérieur de la cellule un tel excés en ions K positifs que le courant de diffusion du potassium s'écoulant de l'intérieur vers l'extérieur devient égal au courant de conduction du potassium s'écoulant en direction inverse.

3) Si la tension à la membrane est modifiée par une source de courant extérieure, les valeurs de conductibilité électrique de la membrane sont changées suivant des fonctions compliquées, sous la dépendance du décours temporel et de la grandeur du changement de tension.

4) La modification entraînée dans les valeurs de conductibilité de la membrane par ce changement de tension modifie les rapports de courant et en même temps, à nouveau, en supplément, la tension à la membrane. Il en résulte donc un feedback (feedback de tension).

5) Lorsqu'une valeur déterminée de changement de tension de la membrane est dépassée, le feedback conduit à une décharge prompte de la cellule nerveuse et, par cela, à une impulsion de sortie. Ce seuil de réponse est lui-même quelque peu dépendant de la nature de la tension externe imposée.

Dans cette représentation fait toujours défaut l'action des séquences d'impulsions provenant d'autres cellules nerveuses, pénétrant dans les « synapses ». Nous sommes redevables de nos connaissances sur ce sujet, au premier chef, à J. C. ECCLES [2, 3]. Dans les espaces synaptiques entre la membrane cellulaire et les boutons terminaux des fibres nerveuses sont déversées des « substances transporteurs », lorsque des séquences d'impulsions y parviennent. Ces substances agissent sur la membrane cellulaire également dans le sens d'une modification de la conductibilité électrique de la membrane, de sorte

qu'elles changent le potentiel à l'intérieur de la cellule et par conséquent la tension de la membrane. Il y a deux sortes de substances transporteurs, celles qui peuvent conduire à une élévation du potentiel de membrane et par cela, à cause du feedback de tension de la membrane cellulaire, peuvent entraîner, en tant que « feedback positif » le déclenchement d'impulsions, et celles qui abaissent encore davantage le potentiel de membrane et, par cela, peuvent empêcher ou barrer le déclenchement d'impulsions. C'est en cela que se distinguent les *synapses excitatrices* des *synapses inhibitrices*. L'action des substances transporteurs est ainsi expliquée, qu'elles influenceu̧ la perméabilité de lamembrane pour des ions de grosseur différente.

Les propriétés d'utilisation de l'information des cellules nerveuses sont formées par les relations entre les impulsions d'entrée et les impulsions de sortie déclenchées par celles-ci. Ces *rapports entrée-sortie* ne peuvent pour le moment, à cause de la petitesse et de la microstructure des cellules nerveuses être mesurés que difficilement de façon directe. On peut cependant les obtenir indirectement soit par voie mathématique, soit à l'aide des modèles analogiques. On a pratiqué ces deux modes. Pour le soma cellulaire lui-même existent les équations de HODGKIN et HUXLEY. Pour les entrées synaptiques on a proposé en 1959 un modèle qui repose sur le principe suivant [4, 5]. La quantité de substance transporteur libérée pendant un élément de temps dt par des impulsions de courant électrique i est, selon Faraday, proportionnelle à la quantité d'électricité idt. La quantité de substance qui disparaît par diffusion ou qui est dégradée durant l'élément de temps est proportionnelle, dans le cas le plus simple, à la quantité de substance m. Il en résulte que sont valables, en première approximation, aussi bien pour les synapses excitatrices que pour celles inhibitrices des équations de la forme:

$$dm = \alpha\, idt - \beta\, mdt$$

avec les constantes α et β. Les constantes du temps d'extinction de la substance transporteur est $\tau_1 = {}^1/\beta$. Le courant ionique additionel provoqué par les substances transporteurs s'établit comme la différence de l'ensemble des courants excitateurs et de l'ensemble des courants inhibiteurs, qui, en première approximation, sont fixés comme proportionnels aux quantités de substance transporteur déchargées.

Essentiel est le fait que maintenant deux constantes de temps se succèdent, à savoir *la constante de temps* τ_1 *de la dégradation de la substance* et *la constante de temps* τ_2 *de la décharge du condensateur de la membrane cellulaire*. Il s'ensuit de cela, p. ex., le phénomène observé au niveau des cellules nerveuses, que la fréquence des trains d'impulsions à la sortie des cellules peut être plus grande qu'à l'entrée, si, à savoir, τ_1 est suffisamment grand par rapport à τ_2.

Des modèles électroniques, qui essayent de prendre en considération de la manière la plus large possible *tous* ces fondements, ont d'abord été construits et étudiés par F. JENIK [5, 6]. Des investigations numériques exactes à l'aide d'un calculateur digital sur le fondement du modèle mathématique ont été conduites par F. JENIK et H. HOEHNE [7].

Le résultat le plus important des recherches sur ces modèles, c'est que *la cellule nerveuse est dotée fondamentalement de la capacité à traiter l'information aussi bien par voie digitale qu'analogique*. Dans ce qui suit sont exposées les fonctions les plus importantes des cellules nerveuses, ainsi qu'elles ont été révélées à l'occasion de ces recherches.

a) *Fonctions générales de traitement des signaux.*

1) *Enclenchement d'une voie de transmission.* Par des impulsions aux synapses inhibitrices la capacité de transmission d'une cellule nerveuse pour des impulsions sur les synapses excitatrices peut être suspendue. Ainsi, p. ex., qu'on le sait d'observations sur les sens de la vue et de l'ouïe, cette fonction joue un rôle important tant dans le domaine du conscient que de l'inconscient. Nous avons la faculté, p. ex., de tourner notre attention arbitrairement sur certaines choses et d'en « déconnecter » d'autres arbitrairement.

2) Par une élévation de potentiel constante au-dessus des synapses excitatrices on peut produire des trains d'impulsions périodiques; la cellule nerveuse fait fonction de *générateur d'impulsions.*

3) Par une élévation de potentiel constante au-dessus des synapses inhibitrices, le seuil de réponse de la cellule nerveuse peut être augmenté, de sorte que de petites impulsions parasites soient réprimées: *abaissement des perturbations.*

4) La cellule nerveuse peut agir en tant que *diviseur de fréquence*; la fréquence des trains d'impulsions à la sortie peut être plus petite que la fréquence des trains d'impulsions à l'entrée excitatrice. Pour cela la constante de temps τ_2 de la cellule ou celle de la voie de feedback doit être suffisamment grande.

5) La cellule nerveuse peut agir en tant que *multiplicateur de fréquence*; cela se produit, lorsque la constante de temps τ_1 de l'emmagasinement de substance transporteur est suffisamment grande vis-à-vis de τ_2.

b) *Fonctions digitales (binaires) du traitement des impulsions.*

1) La *liaison logique Et* se produit lorsque les impulsions d'entrée sont véhiculées vers les synapses excitatrices et que leurs amplitudes sont si petites que le seuil de réponse n'est dépassé que lorsque l'ensemble des impulsions d'entrée se présentent simultanément (« Logique des Seuils »).

2) La *liaison logique Ou* se produit lorsque les impulsions d'entrée sont véhiculées vers les synapses excitatrices et que leurs amplitudes sont si grandes que chaque impulsion isolée dépasse déjà le seuil de réponse.

3) *Négation d'une séquence d'impulsions.* Une séquence binaire d'impulsions est inversée, lorsqu'elle est véhiculée vers les synapses inhibitrices d'une cellule nerveuse et lorsque simultanément agit sur les synapses excitatrices un générateur d'impulsions de même fréquence, pour des rapports appropriés d'amplitudes.

4) *Retardement* d'une impulsion. Une impulsion isolée peut être retardée soit par le fait qu'elle est convoyée le long d'une conduite nerveuse de longueur convenable (temps de retard 10 jusqu'à 50 μs/mm) ou par le fait qu'elle excite une cellule nerveuse via une entrée synaptique (temps de retard d'environ 1 ms).

c) *Fonctions analogiques de traitement des impulsions.*

L'information réside ici dans les intervalles entre deux impulsions successives ou dans la fréquence moyenne des trains d'impulsions (taux d'impulsions).

1) *Addition de plusieurs fréquences.* Les séquences d'impulsions sont véhiculées vers les synapses excitatrices avec une telle grandeur d'impulsion, que chacune en particulier conduit à une réponse de la cellule. Cela suppose des constantes de temps τ_1 et τ_2 suffisamment petites.

2) *Multiplication de plusieurs fréquences.* Comme en 1), cependant le seuil de réponse se situe à un niveau tel que ce n'est que la superposition éventuelle de l'ensemble des impulsions d'entrée qui conduit à une réponse [8, 9].

3) *Intégration, établissement de la valeur moyenne de fréquence.* Elle a lieu par le truchement des synapses excitatrices pour des constantes de temps τ_1 suffisamment grandes.

La cellule nerveuse isolée déjà est donc capable de multiples fonctions. On peut déjà mettre à profit quelques-unes de ces fonctions pour l'explication de certains traitements observés dans le système nerveux central. Mais les performances essentielles du système nerveux central supposent vraisemblablement toujours *l'action commune de très grands nombres de cellules nerveuses*; cette action concertée doit également reposer sur les propriétés fondamentales des cellules nerveuses. Puisque les possibilités de liaison croissent comme le carré du nombre des éléments, les performances possibles croissent donc plus vite que le nombre des cellules nerveuses. Il faut donc considérer le nombre global des cellules nerveuses comme un facteur déterminant de toutes les actions de traitement de l'information du cerveau. Pour cette raison, on doit encore examiner brièvement ce que l'on peut de nos jours constater en ce qui concerne le développement de ce nombre.

3. - Le développement du cerveau humain. — Le processus du développement biologique du cerveau, qui rendit possible à l'homme sa situation particulière dans la nature, s'est accompli au cours de millions d'années. A la fin de la dernière époque glaciaire, le développement du cerveau humain en volume et en forme était terminé, pour autant que permettent de l'établir les trouvailles préhistoriques (Néanderthalien, homme de Crô-Magnon). L'état de développement du cerveau atteint alors peut être caractérisé par la notion de « quotient d'activité cérébrale », qu'il faut distinguer de l'« épanouissement des aptitudes cérébrales » [10]. Le développement de la culture humaine qui commença à l'âge de la pierre, il y a environ 10.000 ans, est considéré comme un épanouissement de possibilités existant déjà à l'état latent [11].

La question de la *rapidité* de développement du cerveau humain n'a jusqu'à maintenant reçu que peu d'attention; l'estimation tentée dans ce qui suit conduit à un résultat intéressant. Dans le tableau suivant sont relevées quelques données sur les hommes préhistoriques. Les poids du cerveau qui y sont empruntés sont portés pour les différentes périodes dans la fig. 2, dans une échelle logarithmique, dans laquelle le temps zéro indique le présent.

N°	*Nom*	*Lieu de découverte*	*Volume du cerveau/cm³*	*Age/Années*
1	Pithecanthropus modjokeitensis	Java 1939	600 à 750	700.000
2	Pithecanthropus erectus	Java 1891	900	700.000
3	Sinanthropus lantianensis	Chine 1964	780	700.000
4	Pithecanthropus erectus	Java 1937	770 à 975	500.000 à 700.000
5	Homme du Tanziana	Tanz. 1961	1.000	506.000
6	Sinanthropus	Pekin 1927	1.100	300.000
7	Homme du Néanderthal	Düssel 1856	1.300 à 1.400	30.000 à 100.000
8	Homme de Rhodésie	Rhodésie	1.325	30.000 à 100.000
9	Homme actuel	—	1.350 à 1.500	—
10	(Gorille)	—	(500)	—

Dans la fig. 2 est tracée une droite qui indique approximativement le développement moyen; elle correspond à une croissance exponentielle, avec un taux de croissance de $0{,}8\ 10^{-6}$/an. Il est certain que le développement ne s'est pas déroulé uniformément selon une fonction exponentielle; il y aura eu des époques et des lieux de croissance très variables. Les faits constatés n'offrent, en revanche, aucune indication que le développement ait eu lieu soudainement en une quelconque époque déterminée ou qu'il ait en quelque sorte cessé maintenant. Que l'on ne puisse pas faire de déclarations tant soit peu précises à ce sujet tient à la vitesse extraordinairement faible du développement. Dans la période que nous survolons historiquement, l'accroissement correspondant au taux de croissance est complètement recouvert par la dispersion individuelle. Même l'accroissement calculé avec le taux ci-dessus depuis la fin de la dernière époque glaciaire, il y a environ 15.000 ans, ne s'élève qu'à

$$15.000\ .\ 0{,}8\ .\ 10^{-6} = 1{,}2\%.$$

Il se situe donc très largement à l'intérieur du coefficient de dispersion du volume actuel du cerveau humain qui s'élève à plus de 30%.

Toute autre se révèle la représentation, si l'on ne considère pas l'accroissement relatif, mais l'accroissement absolu. Pour le nombre de cellules nerveuses de l'homme actuel de $1{,}5\ 10^{10}$ le taux de croissance calculé signifie un *accroissement moyen du cerveau humain* de $0{,}8\ .\ 10^{-6}\ .\ 1{,}5\ .\ 10^{10} = 12.000$ cellules nerveuses par an.

Depuis l'époque de la pierre la capacité du cerveau humain s'est agrandi d'environ 100 millions de cellules nerveuses! Dans les modèles électroniques mentionnés ci-dessus, on a besoin pour la simulation des fonctions les plus simples de traitement de l'information d'une cellule nerveuse de 5 à 15 transistors. La croissance du cerveau humain, depuis les temps préhistoriques, est donc équivalente à près d'un milliard de transistors. C'est pourquoi il est absolument *vraisemblable, que le développement futur biologique du cerveau humain se fasse sentir aussi dans des intervalles de temps historiques.*

Dans le cas où le taux de croissance se poursuivrait encore aujourd'hui, à l'encontre de quoi il n'existe aucune sorte d'indice, il devrait déjà être significatif que se manifeste pour seulement *une génération* un accroissement en moyenne de 33 . 12.000 = en gros 400.000 cellules nerveuses.

Des indications sur les parties du cerveau qui sont intéressées par le développement ultérieur, vraisemblablement, ressortent surtout des études de H. Spatz [10, 11, 12]. C'est la partie gisant sur le rocher des orbites oculaire du cortex cervical, le *néocortex basal*, qui, évolutivement, est la zone la plus neuve de l'encéphale. D'observations dans des cas de lésions on sait que cette partie du cerveau est surtout déterminante pour les valeurs de la personnalité les plus élevées, pour les inhibitions éthiques et par conséquent pour le caractère. *On doit donc considérer justement la croissance de cette zone comme un processus qui sera de la plus grande importance pour la destinée de l'humanité.*

Darmstadt, Technische Hochschule.

K. Küpfmüller

(Traduit par B. Bizzini - Neuilly-sur-Seine)

BIBLIOGRAPHIE

[1] A. L. HODGKIN u. A. F. HUXLEY. *A Quantitative Description of Membrane Current and its Application to Conduction and Excitation in Nerve.* Journ. Physiol. *117*, 1952, 500.

[2] J. C. ECCLES. *The Physiology of Nerve Cells.* J. Hopkins, Baltimore, 1957.

[3] J. C. ECCLES. *The Physiology of Synapses.* Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1964.

[4] K. KUPFMULLER. *Informationsverarbeitung durch den Menschen.* Nachr.-Techn. Zeitschr. 1959, S. 68.

[5] K. KUPFMULLER u. F. JENIK. *Uber die Nachrichtenverarbeitung in der Nervenzelle.* « Kybernetik », *1*, 1961, S. 1.

]6] F. JENIK. *Electronic Neuron Models as an Aid to Neurophysiological Research.* Ergebnisse der Biologie, Bd. XXV, S. 206.

[7] F. JENIK u. H. HOEHNE. *Uber die Impulsverarbeitung eines mathematischen Neuronenmodells.* « Kybernetik », *3*, 1966, S. 109.

[8] F. JENIK. *Die Uberlagerung von Impulsfolgen in Systemen mit einer Schwelle.* Arch. f. elektr. Ubertragung, *16*, 1962, S. 173.

[9] D. BECKER. *Zur Berechnung statistisch schwankender Impulsfolgen und ihrer Uberlagerung.* « Kybernetik », *3*, 1966, S. 191.

[10] H. SPATZ. *Menschwendung und Entwicklungsgeschichte.* Nachr. Giessener Hochschulges. *24*, 1951, 52.

[11] H. SPATZ. *Gedanken über die Zukunft des Menschenhirns.* « Der Ubermensch », Rhein-Verlag, Zürich 1961.

[12] H. SPATZ. *Vergangenheit und Zukunft des Menschenhirns.* Jahrbuch 1964 d. Akademie d.Wissenschaften und der Literatur, Mainz, Franz Steiner Verlag, Wiesbaden 1965.

[13] F. JENIK. *Pulse Processing by Neuron Models.* « Neural Theory and Modeling », Stanford University Press, 1964.

LA PENSÉE SCIENTIFIQUE DE MAXWELL ET LE DÉVELOPPEMENT DE LA THÉORIE DU CHAMP ELECTROMAGNÉTIQUE DANS LE MÉMOIRE "ON FARADAY'S LINES OF FORCE"

Dans cet écrit sont examinées les idées de Maxwell sur la nature des théories et sur la méthode de la recherche physique, exposées dans le premier Mémoire Electromagnétique de 1855 et puis reprises, à diverses occasions, dans les écrits successifs. Celles-ci concernent principalement l'affirmation de la possibilité d'une pluralité de théories « provisoires » du même phénomène et l'exigence d'une interprétation par modèles mécaniques des théories physiques. Alors que ce second aspect, qui, d'autre part, ne fut pas toujours également présent à la pensée maxwellienne, est dans la Physique moderne abandonné en faveur d'une acceptation plus large du concept de «modèle théorique», la pluralité des théories semble représenter aujourd'hui une acquisition définitive de la pensée physique. On rapporte à ce propos certains passages de Poincaré dans lesquels est reconnue cette contribution de Maxwell à l'évolution de la pensée physique du dix-neuvième siècle.

I

Maxwell écrivit le premier Mémoire sur l'Electromagnétisme, « On Faraday's Lines of Force »[1], en 1855, à l'âge de vingt-trois ans, à la fin du cycle d'études universitaires à Trinity College à Cambridge (les « undergraduate courses » toujours en vigueur dans la tradition scolaire anglo-saxone).

S'agissant donc d'une oeuvre de jeunesse on peut éprouver quelque perplexité sur l'importance qu'il faut lui attribuer, en comparaison des travaux d'un âge plus mûr, dans une évaluation d'ensemble de la pensée scientifique de son auteur. Il convient pour cela de garder présent à l'esprit que dans tous les écrits et ouvrages successifs, la pensée de Maxwell se développe suivant la directrice des idées exprimées dans ce premier travail. Plus spécialement, le second Mémoire Electromagnétique[2] « On Physical Lines of Force » de 1861, dans lequel fait pour la première fois son apparition une théorie «complète» du Champ Electromagnétique, (et en même temps, la première mention de la Théorie Electromagnétique de la Lumière,) est considéré par ce même auteur comme un complément des théories présentées dans le premier Mémoire. S'il est alors vrai que dans les écrits scientifiques de la période centrale de son activité (1862/1870), qu'on ne trouve plus les idées exprimées dans les premiers Mémoires Electromagnétiques, du moins dans leur formulation explicite, il y a un retour décisif à celles-ci dans les écrits[3] de la dernière période (1870/79) spécialement à la suite de sa nomination à Cambridge en 1870, pour l'ensei-

[1] Le Mémoire est publié dans « Transactions of the Cambridge Philosophical Society », Vol. X, Part I. Dans ce qui suit, je ferai référence pour toutes les citations à l'édition complète des oeuvres de Maxwell « *The Scientific Papers of J. C. Maxwell* », en deux volumes, Dover Publications, Inc., New York, 1950 environ, réimprimée sur l'édition de W. D. Niven, Cambridge 1890. Le Mémoire est publié à la page 155, Vol. I.

[2] « On Physical Lines of Force ». Op. cit. Vol. I, p. 451.

[3] Spécialement: Op. cit. Vol. II, p. 218 220, 228, 304, 305, 317, 318, 358, 402, 488.

gnement de Heat, Electricity and Magnetism,[1] et avec la charge de s'occuper de la fondation du Laboratoire Cavendish. Il est intéressant de noter que quelques-unes de ces idées trouvèrent leur réalisation à l'occasion de la Réforme de l'Enseignement Scientifique qui eut lieu à Cambridge en 1873, au moment même de l'ouverture du Laboratoire[2].

Les idées sur la méthode exprimées dans le ler Mémoire Electromagnétique représentent donc un thème de base de tout le développement de la pensée scientifique de Maxwell. En contraste avec cette observation on peut constater que la plus grande partie des chercheurs les plus récents sur Maxwell negligent presque complètement cet aspect de son oeuvre. Il semble qu'ils préfèrent s'arrêter de façon prédominante sur ses contributions plus spécifiques au développement des concepts de l'électromagnétisme, en passant sous silence ou en ignorant le fond de pensée sur lequel se développèrent de telles contributions.

La partie méthodologique du ler Mémoire est en effet passée presque inaperçue dans l'ouvrage de M. P. Duhem, d'autre part si minutieux dans l'analyse des concepts et des théories de ce physicien du dix-neuvième siècle[3]. On ne trouve pas non plus de mention à celles-ci dans l'ouvrage classique de Whittaker, « Histories of the Theory of Aether and Electricity »[4]. L. Rosenfeld dans un essai récent sur le développement de l'électromagnétisme et de la relativité[5] considère comme une contribution importante, donnée par Maxwell dans ce Mémoire, seulement la formulation locale de la loi du champ électrique induit; il ajoute pourtant que le Mémoire représente « one of the great papers of Maxwell which remain as unsurpassed models of elegant exposition and of beautifully simple and clear scientific English », et il en conseille la lecture « to every young physicist with any ambition to culture »[6].

Le premier et le second Mémoire n'ont pas été examinés, du moins jusqu'à présent et pour autant qu'il me paraisse, dans l'interprétation soigneuse en termes modernes de la théorie électromagnétique de Maxwell, développée par A. M. Bork[7]. Les idées de Maxwell sur la méthode furent, en revanche, tenues en grande estime par Poincaré, qui, spécialement dans l'introduction à ses leçons sur l'Electricité et sur l'Optique[8], met en relief l'originalité du savant anglais par rapport à la pensée des physico-mathématiciens.

Parmi les auteurs modernes de la philosophie de la science, M. B. Hesse s'est inspiré aussi de ces aspects de l'oeuvre de notre Auteur dans la formulation d'une thèse méthodologique caractéristique sur l'« intelligibilité » des théories scientifiques sur quoi je reviendrai dans quelques pages[9]. A. F. Mott

[1] Op. cit. Vol. II, p. 241, « Introductory Lectures on Experimental Physics ». Leçon inaugurale au Cavendish Laboratory.

[2] Op. cit., « Preface », p. XVII.

[3] M. P. DUHEM, « *Les théories électriques de J. Clerk Maxwell* », Etude Historique et Critique. Hermann, Paris, 1902.

[4] E. WHITTAKER, « *A History of the Theories of Aether and Electricity* ». 2 Vol. Nelson and Sons, London, 1951, I Vol., p. 242.

[5] L. ROSENFELD, « *The velocity of light and the evolution of Electrodynamics* ». Supplément au Vol. IV, série X du Nuovo Cimento N. 5, 1956.

[6] L. ROSENFELD, Op. cit. p. 1653 et note.

[7] A. M. BORK, « *Maxwell and the Electromagnetic Wave Equation* », American Journal of Physics 35, (1967), 844.

[8] H. POINCARÉ, « *Electricité et Optique* ». Leçons professées à la Sorbonne en 1888, 1890 et 1899. Carré et Naud, Paris.

[9] M. B. HESSE, « *Forces and Fields* », Nelson and Sons, London 1961. P. 22 et suiv.

C'est seulement lorsque mon travail était sous presse que j'ai eu la possibilité de lire l'article de J. Turner ("The British Journal for the Philosophy of Science", *4* (1955) 226) concernant, entre autres, quelques importants passages du 1er Mémoire.

suggère que les premiers à se débarasser de l'incommode philosophie scientifique maxwellienne, ce furent justement les contemporains et les successeurs immédiats de Maxwell, auxquels revint la tâche de continuer à édifier l'« école anglaise de physique expérimentale »[1].

H. Hertz inséra ensuite la théorie électromagnétique de Maxwell dans la sphère de la philosophie scientifique de l'école de Helmholtz, et pour autant qu'il se référait aux idées dans la sphère desquelles la théorie avait surgi, les considéra comme « construction provisoire » ou « échafaudage », destinée à être oubliée une fois que l'édifice principal, qui était pour lui constitué par les fameuses équations, serait parvenu à sa forme définitive.

Etant donné l'intérêt que précisément ces constructions « provisoires » présentent pour la recherche historique, j'ai pris à l'examen dans cet écrit les idées exposées sur la méthode dans le ler Mémoire, en cherchant à déterminer leur rapport avec les nouvelles conceptions théoriques de l'électromagnétisme, telles qu'elles commencent à se manifester dans ce premier travail de Maxwell. Il convient de dire ici que les lignes de la pensée maxwellienne ne sont pas toujours exposées de façon systématique, tant dans la présente que dans les oeuvres successives, mais elles sont souvent en alternance avec les développements physico-mathématiques - cela rend plus difficile l'examen de sa pensée.

II

Dans les premières pages, qui constituent une espèce d'introduction philosophique à la partie la plus technique du Mémoire, Maxwell entend caractériser une méthode physique de recherche comme distincte d'une méthode purement mathématique ou physico-mathématique: le « Philosophe de la nature » placé en face de la complexité du nouveau champ d'exploration physique, celui des phénomènes électriques, doit se proposer de façon consciente le problème de la méthode de recherche. Maxwell estime nécessaire en définitive de trouver une méthode qui permet d'obtenir « physical ideas without adopting a physical theory » (mém, cit. p. 156). Pour comprendre le sens dans lequel il emploie les mots « physical ideas » (ou de manière équivalente « physical conceptions »), nous pouvons nous rapporter à certains exemples, rapportés un peu plus bas. Il s'agit de la célèbre analogie optico-mécanique; le trajet d'un rayon de lumière, à la séparation entre deux milieux d'indice de réfraction différent, est le même que celui d'une particule matérielle « moving through a narrow space in which intense forces act ». Les lois mathématiques du mouvement sont les mêmes et sur cela se fonde une « physical theory of light ». Cette dernière toutefois n'est pas, dans l'esprit de Maxwell, une vraie théorie physique, « a true explanation », mais une « physical conception » assignée trop vite par certains, dans le passé, au rôle de « physical theory ».

> « *This analogy, which extends only to the direction and not to the velocity of motion, has long believed to be the true explanation of the refraction of light: and we still find it usefull in the solution of certain problems in which we employ it without danger, as an artificial method*». (Ibid. p. 156).

[1] « Ses successeurs....fondèrent une école solide et pragmatique avec une confiance instinctive dans les particules, en tant qu'« objets matériels aussi tangibles que les balles de cricket des terrains de jeu de leur pays, et avec méfiance envers les équations et les principes abstraits et par conséquent envers les idées que Maxwell avait défendues ». A. F. Mott, Maxwell 1831-1879. Discours commémoratif.

La signification de la position maxwellienne commence donc à s'éclaircir: il convient de se garder d'assigner trop vite à une « hypothèse » le rôle de « théorie physique », de l'« adopter » en tant qu'« hypothèse physique ».

> « *If... we adopt a physical hypothesis we see the phenomena only through a medium and are liable to that blindness to facts and rushness in assumption which a partial explanation encourages* ». (Ibid. p. 155-156).

Justement pour éviter d'interposer entre les phénomènes dans leur immédiateté et la « véritable » théorie physique l'écran d'une « partial explanation », qui est la conséquence de l'adoption prématurée d'une hypothèse au rôle de théorie physique, l'école française, un demi siècle avant, spécialement avec Laplace et Ampère[1], avait recouru à une formulation purement mathématique des lois physiques. Mais ce n'est pas là évidemment la solution proposée par Maxwell. Ce dernier mentionne, en divers points du Mémoire, les inconvénients d'une formulation purement mathématique:

> « ... *Mere symbols..... neither convey the same*[2] *ideas, nor readily adapt themselves to the phenomena to be explained...* ». (Ibid. p. 187).

Le fait est que, en confiant la synthèse d'un phénomène physique à une formule mathématique,

> « *we entirely lose sight of the phenomena to be explained, and though we may trace out the consequences of given laws, we can never obtain more extended views of the connexions of the subjects* ». (Ibid. p. 156).

Le sens le plus important de la phrase rapportée ci-dessus me semble, aussi en relation avec ce que je dirai par la suite, que les déductions purement formelles à partir d'une loi mathématique sont incapables d'élargir notre compréhension des liens causals des phénomènes[3]. L'existence de cette corrélation entre « physical conceptions » et « causal connexions » est l'un des motifs revenant sans cesse à ce stade de la pensée de notre physicien et il est étroitement lié à celui de la fonction méthodologique des analogies « physiques »: la façon la plus opportune d'obtenir « clear physical conceptions » ou « physical ideas » est celle d'avoir recours aux analogies physiques:

> « *In order to obtain physical ideas without adopting a physical theory we must make ourselves familiar with the existence of physical analogies. By a physical analogy I mean that partial similarity between the laws of one science and those of another which makes each of them illustrate the other* ». (Ibid. p. 156).

En définissant l'analogie comme « partial similarity between *the laws* of one science and those of another », Maxwell se réfère aux analogies dites formelles entre lois de domaines différents de la physique, telles p. ex. l'analogie bien connue de W. Thomson entre la loi de propagation de la chaleur et celle électrostatique[4]. Mais que le concept de Maxwell soit encore plus général est clair de la suite du passage précédent:

[1] Voir p. ex.: WHITTAKER, op. cit., Vol. I, p. 128 et suiv.

[2] « ...The same ideas » .... dans le sens: ... les mêmes idées qui sont associées aux « physical conceptions ».

[3] Il me semble que de tout le contexte ressort assez clairement que « connexions » est interprété comme « liens causals ».

[4] Il s'agit de l'analogie formelle bien connue qui consiste en l'annulation de la « Laplacienne » de la température et du potentiel, respectivement. Il y en a une mention à la p. 172 du Mémoire en question.

> « *... all the mathematical sciences are founded on relations between physical laws and laws of numbers so that the aim of exact science is to reduce the problems of nature to the determination of quantities by operations with numbers. Passing from the most universal of all analogies to a very partial one, we find the same resemblance in mathematical form between two different phenomena giving rise to a physical theory of light* ». (Ibid. p. 156).

Il y a donc une hiérarchie dans les analogies, pour lesquelles on va des plus générales, qui permettent la formulation mathématique de lois phénoménniques - toute loi représente comme on dirait aujourd'hui un modèle mathématique du phénomène (« all the mathematical sciences are founded » ... etc.) - à celles plus particulières, telles celles mécaniques entre les rayons lumineux et les particules de matière. Ces dernières sont plus limitées - que l'on note l'emploi de « partial » - mais peut-être plus efficaces à suggérer « physical conceptions ». Lorsque l'analogie reste sur le plan formel, « stripped of its physical dress », comme il est dit à la p. 156, cette dernière est peu efficace pour la recherche, « deficient both in the vividness of its conceptions and the fertility of its methods ». (A propos de la théorie élastique de l'optique!) (Ibid. p. 156). Quand une analogie est trouvée entre la loi d'un phénomène dans un domaine nouveau de la physique, p. ex en électricité, et une loi dans un domaine déjà connu, p. ex. la mécanique, alors la nouvelle loi est présentée, comme on le dira d'ici peu, « in an embodied form », dans une forme, à savoir, dans laquelle les contenus physiques sont évidents.

C'est cela en définitive la tâche de Maxwell en ce premier Mémoire: Faraday avait donné une interprétation[1] des phénomènes électrostatiques et des courants continus qui se prêtait à une mise sous une forme mathématique. Les analogies formelles entre les lois électriques et les lois hydrodynamiques sont alors évidentes, et c'est ainsi que les grandeurs électriques « prennent corps », s'emplissent de contenus physiques:

> « *In this outline of Faraday's electrical theories, as they appear from a mathematical point of view... my aim has been to present the mathematical ideas to the mind in an embodied form, as systems of lines or surfaces, and not as mere symbols, which neither convey the same ideas, not readily adapt themselves to the phenomena to be explained* ». (Ibid. p. 187).

Le procédé euristique de Maxwell, lequel est esquissé dans le premier Mémoire, peut être illustré en définitive par les points suivants:

A) Mathématisation et élaboration mathématique des lois découvertes par Faraday; comme résultat, étant le caractère même des conceptions de Faraday, les relations mathématiques ainsi trouvées s'avèrent « embodied », incorporées, dans des grandeurs physiques (mécaniques). P. ex. les vecteurs induction électrique et magnétique ont le contenu physique de quantité de flux.

[1] M. FARADAY, « *Experimental Researches* », § 3,269 (1852). A propos du caractère « mathématique » des idées de Faraday voir également l'écrit de Maxwell que l'on peut dater de 1873 environ, dans « Maxwell Sc. Pap. », op. cit. Vol. II, p. 356, dont je rapporte le passage suivant « ... Faraday's lines of force occupy the same position in electro-magnetic science that pencils of lines do in the geometry of position. They furnish a method of building up an exact mental image of the thing we are reasoning about ... for the advance of exact sciences depends upon the discovery and development of appropriate and exact ideas, by means of which we may form a mental representation of the facts, sufficiently general, on the one end, to stand for any particular case, and sufficiently exact on the other, to warrant the deductions we may drawn from them by the application of math. reasoning ».

B) Utilisation des analogies formelles entre les lois trouvées au moyen de A) de façon que « these mathematical connexions may suggest to physicist the means of establishing physical connexions[1] ».

> Comme commentaire de ce qui est ci-dessus, qu'on lise le passage: « *In the following investigation, therefore, the laws established by Faraday will be assumed as true, and it will be shown that by following out his speculations other and more general laws can be deduced from them. If it should then appear that these laws, originally devised to include one set of phenomena, may be generalized so as to extend to phenomena of a different class, these mathematical connexions may suggest to physicists the means of establishing physical connexions; and thus mere speculation may be turned to account in experimental science* ». (Ibid. p. 189).

Les lois mathématiques physiquement interprétées, les « physical conceptions », suggèrent des « physical connexions », c'est-à-dire des propositions de dépendance causale vérifiables ou falsifiables au moyen de l'expérimentation.

III

Mais les « conceptions physiques » des phénomènes permettent de formuler seulement des « temporary theories », des théories provisoires. Pour valoriser donc cette nouvelle conception de la théorie physique il fallait avoir surmonté le pré-concept que la mécanique, plus précisément la formulation de Newton-Laplace, constituait la « théorie par excellence », en tant que telle nécessairement vraie et définitive. Une allusion à l'attitude changée aux regards de la Mécanique Newtonienne, on peut la saisir dans la subtile analyse faite par Maxwell de l'attitude de Faraday:

> « ... *though he (Faraday) had a profound respect for the great discovery of Newton, he regarded the attraction of gravitation as a sort of sacred mistery, which, as he was not an astronomer, he had no right to gainsay or to doubt, his duty being to believe it in the exact form in which it was delivered to him. Such a death faith was not likely to lead him to explain new phenomena by means of direct attraction*[2] ».

Dans la pensée de Maxwell la « temporary theory » commence à avancer maintenant timidement ses droits:

> « ... *The chief merit of a temporary theory is that is shall guide experiments, without impeding the progress of a true theory when it appears...* ». (Ibid. p. 208).

Maxwell, à ce stade de sa pensée, croit que l'on doit arriver à la fin à la « true theory », c'est-à-dire à l'authentification des «physical conceptions». Mais le temps dans lequel une « physical conception » atteindra le « status » de « true physical theory » reste évidemment indéterminé dans une large mesure! Et dans cet interlude, presque dans un « limbe », dans l'attente d'une

[1] Dans le cas présent « le modèle » hydrodynamique dut suggérer ou pour le moins faciliter à Maxwell le procédé pour le calcul de la densité d'énergie dans la « théorie des champs », comme on peut la déduire également de l'observation rapportée dans le Mémoire à la p. 196, à la fin du Théorème III.

[2] MAXWELL: « *On Action at a Distance* » Sc. Pap. op. cit. Vol. II, p. 318.

prétendue connaissance scientifique « absolue », tout l'intérêt du chercheur est tourné vers les premières, vers les « physical conceptions » à savoir, vers leur fécondité à suggérer des « physical connexions », qui peuvent être à leur tour un guide pour l'expérimentation.

Sous cet aspect, les idées de Maxwell représentent, comme je disais précédemment, un changement d'orientation dans la pensée scientifique par rapport à la première moitié du dix-neuvième siècle. Quelle différence p. ex. avec l'attitude méthodologique d'un Cauchy qui, pendant vingt ans, travailla sur une théorie élastique de l'optique, la forçant en vain à fournir une réponse conforme aux résultats expérimentaux, dans la conviction que des « conditions au contour » du type élastique étaient nécessairement les vraies et définitives, pour interpréter les phénomènes optiques[1].

Pour Maxwell, les analogies physiques qui, sans la prudence méthodologique, peuvent faire tomber, comme cela est déjà advenu dans le passé, dans des « théories dénuées de fondement » et s'opposer ainsi au développement de la recherche, représentent des sources de « physical ideas », une fois atteinte la conscience de leur fonction dans la construction de la théorie physique. Un même phénomène peut en conséquence être encadré par différentes « conceptions physiques», il peut y avoir donc diverses théories - même si provisoires - du même phénomène:

> « *... it is a good thing to have two ways of looking at a subject, and to admit that there are two ways of looking at it...* ». (Ibid. p. 208).

La pensée de Maxwell commence ainsi à se manifester, à la moitié du dix-neuvième siècle, encore qu'avec une conscience non pleine, avec cette conception méthodologique importante des pluralités des théories qui seulement à la suite des succès de la Physique Moderne a reçu aujourd'hui sa pleine reconnaissance. Il faut attendre la fin du dix-neuvième siècle pour que cette importante contribution reçoive sa pleine reconnaissance, et cela se produit en France avec H. Poincaré. Dans l'introduction à « Electricité et Optique », ce dernier caractérise avec une grande pénétration cet aspect de la pensée de notre auteur. Pour le plaisir de citer quelques phrases de cet intéressant écrit qui mériterait un commentaire plus proportionné[2]:

> « *... En ouvrant Maxwell, un Français s'attend à y trouver un ensemble théorique aussi logique et aussi précis que l'Optique Physique fondée sur l'hypothèse de l'éther; il se prépare ainsi une déception que je voudrais éviter au lecteur en l'avertissant tout de suite de ce qu'il doit chercher dans Maxwell et de ce qu'il n'y saurait trouver* ».
> *Maxwell ne donne pas une explication mécanique de l'électricité et du magnétisme; il se borne à démontrer que cette explication est possible..... le savant anglais ne cherche pas à construire un édifice unique, définitif et bien ordonné, il semble plutôt qu'il élève un grand nombre de constructions provisoires et indépendantes, entre lesquelles les communications sont difficiles et quelquefois impossibles...*
> *Deux théories contradictoires peuvent en effet, pourvu qu'on ne les mêle pas, et qu'on n'y cherche pas le fond des choses, être toutes deux d'utiles*

[1] Pour les recherches de Cauchy, voir p. ex., Whittaker op. cit. Vol. I, p. 134 et suiv.
[2] H. Poincaré, op. cit. Introduction, p. IV et suiv.

instruments de recherches, et peut-être la lecture de Maxwell serait-elle moins suggestive s'il ne nous avait pas ouvert tant de voies nouvelles divergentes ».

Et il conclut en affirmant que le lecteur, rendu pensif par ces nouvelles méthodes, « finit par comprendre ce qu'il y avait souvent d'un peu artificiel dans les ensembles théoriques qu'il admirait autrefois ». La référence au dépassement des méthodes de la physique-mathématique est évidente et ne pouvait pas être plus efficacement exprimée par un chercheur qui représentait l'un des plus illustres descendants de cette tradition![1].

IV

A la pluralité des « physical conceptions » semble enfin s'opposer dans la pensée maxwellienne, l'idée d'une « unité des causes des phénomènes ». Dans ce Mémoire celle-ci est recherchée dans le domaine de l'électromagnétisme, mais il suffirait de penser à la théorie électromagnétique de la lumière subséquente pour comprendre la portée de la nouvelle tendance unificatrice.

Du point de vue de l'unification théorique, le résultat le plus important acquis dans les années précédentes devait être la théorie du potentiel électrique de Kirchhoff[2]; cette dernière permettait d'expliquer d'une façon unitaire les phénomènes électrostatiques et ceux des courants, dits alors « galvaniques », phénomènes pour lesquels, pendant longtemps, on n'avait pas vu clairement ni élaboré théoriquement le rapport. Après la théorie de Kirchhoff, pour Maxwell:

« *the electrical tension is found to be physically identical with the potential in statical electricity, and we have the means of connecting the two sets of phenomena* ». (Ibid. p. 181).

En revanche, il n'existait pas encore, à l'exception de la théorie de Weber - qui est citée à la fin de la partie théorique du Mémoire[3] - une théorie unitaire de l'électromagnétisme », (chapitre qui, pour Maxwell, comprenait principalement le phénomène d'induction électromagnétique découvert par Faraday en 1831) et on n'en distinguait pas, alors, la voie. Il semblait donc que la recherche théorique traversait un moment difficile:

« *The present state of electrical science seems peculiarly unfavourable to speculations* ». (Ibid. p. 155).

Mais voici le thème unitaire:

« *No electrical theory can now be put forth, unless it shows the connexion not only between electricity at rest and current electricity but between*

[1] Par contre Duhem critique cet aspect de la méthode Maxwellienne, p. ex.: (Duhem, op. cit. p. 13): « ...Nous sommes de ceux qui ne peuvent prendre leur parti de la contradiction... ». La contradiction c'est celle entre les deux théories dites de la 1ère et de la 2ème Electrostatique Maxwellienne.

[2] KIRCHHOFF, Ann. de Chem. XLI, 946 (cité par Maxwell dans le Mémoire en question).

[3] MAXWELL, Sc. Pap. op. cit. p. 208. « From these axioms are deducible Ampere's laws of the attraction of conductors, and those of Neumann and others, for the induction of currents.... ».

Les axiomes exposés par Maxwell dans les lignes précédentes à celles citées se rapportent aux lois dites de Weber. Maxwell, tout en admettant l'existence d'une théorie physique unitaire, celle justement de Weber, ne semble pas vouloir lui reconnaître un grand crédit (Ibid. p. 208). On peut comprendre comment dans la théorie de Weber il ne voit que de « mere symbols ».

the attractions and inductive effects of electricity in both states ». (Ibid. p. 156).

La première partie, à savoir « the connexion .... between electricity at rest and current electricity » avait été trouvée dans la théorie, déjà mentionnée, du potentiel de Kirchhoff[1]. La solution du problème visant à trouver une « connexion », c'est-à-dire un « lien causal » également pour les forces agissant entre charges et celles agissant entre courants et en outre, pour les « effets inducteurs » (induction statique et induction électromagnétique), semble consister en définitive, pour Maxwell, en la possibilité de trouver une « physical conception » du phénomène; dans ce but, son attention se concentrera dans ce Mémoire sur cette grandeur qui fut appelée par la suite le « potentiel vecteur », que l'on peut mettre en effet en relation soit avec le champ électrique induit, soit, par le truchement du vecteur d'induction magnétique, avec les forces d'Ampère, agissant entre courants[2].

Dans cette recherche, Maxwell confirme donc son idée directrice que, pour trouver une théorie unitaire, il faut partir de la prémisse méthodologique qu'une « liaison causale » est individualisable seulement à travers une « conception physique » des phénomènes[3]. Conception physique qui n'en devient pas pour cela une « physical theory ». Cet équilibre précaire et difficile de la recherche physique est synthétisé dans la très belle phrase:

« ... *We must therefore discover some method of investigation which allows the mind at every step to lay hold of a clear physical conception, without being committed to any theory founded on the physical science from which that conception is borrowed, so that it is neither drawn aside from the subject in pursuit of analytical subtleties, nor carried beyond the truth by a favourite hypothesis* ». (Ibid. p. 156).

Et, pour terminer, je fait suivre quelques considération tout simple concernant l'actualité des idées de Maxwell.
Comme je l'ai signalé précédemment, la thématique Maxwellienne a été reprise récemment par M. B. Hesse. En interprétant l'exigence de « physical conceptions », dans un sens moderne, comme exigence de « représentation par modèles » d'une théorie, dans chaque théorie, Hesse distingue les caractéristiques de « testability » de celles d'« intelligibility ». Tandis que la première, c'est-à-dire la possibilité de vérification expérimentale est considérée comme indépendante de sa « représentabilité au moyen de modèles », la seconde est amenée à coïncider avec « the property of theories of embodying models so that they are rendered meaningful and can be tested and extended »[4].

Dans la direction opposée à la précédente se dégage la tendance, particulièrement reliée à des problèmes de physique moderne, de libérer la théorie, et les énoncés de relations causales, de toute représentation par modèle. Suivant ces conceptions:

[1] De façon cohérente aux idées exprimées dans ce Mémoire - Maxwell parvient à comprendre l'identité entre « electrical tension » et « potential in statical electricity », seulement en termes de modèles, à la manière de Faraday, en supposant que dans les diélectriques également la conductibilité est petite, mais non nulle (1ère Electrostatique de Maxwell), de sorte que les lignes de force soient ici également des lignes de flux. « ... la différence entre le verre et le métal, c'est que la résistance est une quantité élevée, mais finie dans le verre, et une quantité faible, mais finie dans le métal... (Ibid. p. 181). »

[2] Mem. cit. p. 204.

[3] Mem. cit. p. 156.

[4] M. B. HESSE, op. cit. p. 23.

« *Theoretical statements derive their meaning only from their place in a formal hypothetical deductive system in which some of the conclusions can be translated into phenomenal statements...* »[1].

Un partisan contemporain de cette seconde tendance, J. Hilgevoord[2], admet pouvoir fonder un jugement sur deux conditions formelles: 1) La possibilité de localiser et de distinguer la cause de l'effet dans l'espace-temps. 2) La condition d'interaction locale », c'est-à-dire la condition par laquelle la cause et l'effet sont « en contact » dans l'espace-temps. La seconde condition, qui se trouve à la base des « théories du champ », épigones de la théorie de Maxwell, n'est pas considérée pourtant comme la même chose fondamentale que la première.

Roma, Università, Istituto di Fisica.

S. D'AGOSTINO

(Traduit par B. Bizzini - Neuilly-sur-Seine)

[1] CAMPBELL, « *Physics, the elements* », Cambridge, 1920, p. 123.

[2] J. HILGEVOORD, « *Dispersion Relations and Causal Description, an Introduction to Dispersion Relation in Field Theory* », North-Holland Pub. Co., Amsterdam, 1960.

Copyright by
Rivista "SCIENTIA" Editrice
Sede legale - Milano, Via Donizetti 55
Registrata presso la Cancelleria del Tribunale di Milano col N. 1276
NORA BONETTI - *Direttore Responsabile*

ODAG - OFFICINA D'ARTI GRAFICHE - MILANO

SUPPLÉMENT

Traductions Françaises

des articles dont le texte original n'est pas en langue française.
(Chaque traduction a été revisée par l'Auteur).

INFLUENCE DE LA FONCTION MUSCULAIRE SUR LA CROISSANCE DU CRÂNE

Ce sont les populations civilisées de l'Europe et de l'Amérique du Nord qui souffrent le plus des maux de la dentition. Le chevauchement des dents est, de loin, le type d'asymétrie le plus répandu et il provient d'une mauvaise croissance du squelette facial. Son étiologie est encore sujette à discussion, mais l'on peut dire, à partir des données cliniques, historiques et expérimentales exposées dans cet article, que le manque de consistance de la nourriture est un facteur important de ces défauts dans les pays industrialisés américains et européens. L'absorption d'une telle nourriture n'entraîne pas une activité musculaire suffisante pour provoquer la stimulation mécanique indispensable à la croissance du squelette cranio-facial.

Introduction. — Les défauts de la dentition appartiennent au groupe, réduit mais significatif, des maladies spécifiques des populations à niveau de vie élevé. C'est parmi les nations industrialisées et prospères de l'Europe Occidentale et de l'Amérique du Nord que sont le plus répandues les affections dentaires, dont les trois formes les plus courantes sont: la carie, la gingivite (affection des tissus de l'alvéole dentaire), le chevauchement et l'asymétrie des dents. Il en est de même pour d'autres maladies de civilisation telles que l'occlusion coronaire ou le cancer du poumon et l'on espère, par une étude attentive du milieu, identifier les facteurs spécifiques qui sont à l'origine de ces maladies.

Bien que l'on trouve communément les trois formes d'affection dentaire sur une seule dentition, il est bien évident que leurs étiologies sont différentes. Des observations, tant cliniques qu'expérimentales, ont permis de découvrir que la cause directe de la carie résidait dans l'absorption de grandes quantités d'hydrates de carbone fermentables et spécialement de sucre. De même, la périodontite est due principalement au manque de consistance de la nourriture moderne. Par contre, l'étiologie des dyssymétries dentaires n'est pas parfaitement connue. Puisque, pour la majorité des cas, l'asymétrie dentaire prend la forme d'un chevauchement, ce dernier doit être causé par un trouble de la croissance qui affecte la gencive et les os de la mâchoire porteurs des alvéoles dentaires.

On a émis de nombreuses hypothèses pour expliquer la fréquence élevée du chevauchement. Premièrement, on a avancé [1] que la taille du squelette facial, y compris les mâchoires, allait en diminuant et que c'était le fait d'une évolution à long terme. Cependant, bien qu'il soit évident que le squelette facial soit plus petit chez l'*Homo sapiens* que chez les premiers représentants des humanoïdes (par exemple l'*Homo erectus*, l'Homme de Néanderthal), il n'existe pas de preuve concluante d'une telle évolution chez les espèces de l'*Homo sapiens* depuis leur apparition au Paléolitique Supérieur. Deuxièmement, on a avancé [2] que le chevauchement dentaire est répandu en Europe et en Amérique du Nord car leurs populations actuelles proviennent d'un mélange de peuples divers et physiquement différents et ce métissage aurait

conduit à des dyssymétries dans le squelette et en particulier entre les os de la mâchoire et les dents. Cependant l'objection majeure à cette deuxième hypothèse tient à l'observation que le chevauchement est beaucoup plus courant que l'espacement des dents alors que, si l'hypothèse était correcte, leurs fréquences respectives seraient sensiblement égales. Mais il faut souligner que les facteurs génétiques déterminant les tailles relatives de la mâchoire et des dents sont encore incomplètement connus.

La troisième hypothèse est celle qui trouve le plus grand crédit chez les dentistes et selon laquelle la consistance trop douce d'une nourriture à base d'ingrédients affinés et bien cuits, n'entraîne pas une mastication suffisante permettant la stimulation adéquate de la croissance du squelette facial. Le présent article a été écrit pour exposer en détail le pour et le contre de cet hypothèse, il traite du rôle des forces mécaniques dans la croissance des os de la face et du crâne. De plus, les études expérimentales et les observations cliniques ont permi de nombreuses découvertes utiles sur le squelette postérieur du crâne.

INFLUENCE DE LA FONCTION MUSCULAIRE SUR LA CROISSANCE DU SQUELETTE CRÂNIEN POSTÉRIEUR. — Les fonctions premières du squelette sont d'apporter un support mécanique à la chair et de fournir aux muscles striés un point d'attache afin que ces derniers permettent, par leurs contractions, le mouvement et la sustentation. On savait depuis l'Antiquité que le squelette était capable de résister aux forces mécaniques engendrées par la sustentation et le mouvement, mais c'est seulement depuis le 19ème siècle que cette notion a été soumise à l'analyse critique et à l'investigation expérimentale.

On retrouve l'image ce cette capacité de résistance mécanique à tous les niveaux, depuis la structure microscopique de l'os jusqu'à la disposition générale de la charpente du squelette. Chez les mammifères adultes le squelette est principalement composé d'os: ce tissu résiste à la compression grâce aux dépôts cristallins de calcium dans le tissu conjonctif qui comprend également des fibres de protéines collagènes permettant la résistance aux forces de traction. Les ostéocytes (ou cellules osseuses) qui font vivre le tissu sont logées dans de petits interstices entre les fibres collagènes et sont reliées entre elles par un protoplasme. Ce protoplasme circule dans la substance osseuse en empruntant un réseau de capillaires.

L'os apparait sous deux formes: l'une est un calcium compact, comme l'ivoire, traversé de canaux permettant le passage des vaisseaux sanguins de nutrition, l'autre se présente sous la forme d'une éponge osseuse imprégnée d'une moëlle très irriguée, de laquelle les spicules osseuses tirent leur nourriture. Ces deux types de tissus osseux sont disposés dans les os du squelette suivant les mêmes principes qui permettent aux projeteurs en charpente d'obtenir des structures alliant la résistance à la légèreté. C'est-à-dire que la plus grande masse du matériau est concentrée aux endroits où s'exercent les contraintes les plus fortes, afin de permettre à cette structure de résister aux déformations sous l'action des forces extérieures. Ce principe est très bien illustré par les os longs des membres de mammifères terriens. Si l'un de ces os est soumis à un effort de flexion, les tractions et les contraintes sont les plus grandes sur les couches superficielles de l'os et décroissent au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'axe longitudinal, ce dernier ne subissant plus ni

traction ni contrainte. Il s'ensuit que ces os ont la forme d'un cylindre creux dont les parois sont formées d'os compact et dont la cavité longitudinale est remplie de moëlle.

L'extrémité des os longs est renflée et leur cavité est partiellement remplie d'éponge osseuse dont les rayons médullaires sont ordonnés suivant une architecture dont le réseau est facilement reconnaissable par son orientation. Cette ordonnance de l'éponge osseuse peut être illustrée par l'exemple bien connu de la tête du fémur humain que l'on a pu comparer [3] avec l'assemblage des entretoises d'une grue Fairbairn. Ces observations sont à la base de la théorie qui explique l'orientation des rayons médullaires de l'éponge osseuse par la direction des lignes de pression et de traction engendrées au sein d'un corps homogène, de la même forme que l'os, subissant les mêmes contraintes. Bien que cette théorie soit critiquée [4], ses principes sont encore tenus, en général, pour corrects.

Au contraire des structures inanimées avec lesquelles il est souvent comparé, le squelette est cependant capable de se modifier en réponse aux variations des forces qu'il subit. Cette capacité de réponse aux forces mécaniques est un phénomène communément observé au cours de la croissance d'un enfant. Une diminution de l'activité musculaire, telle qu'une séquelle de la poliomyélite par exemple, amène chez l'enfant, un ralentissement sensible de la croissance des os du membre atteint. De même, l'immobilisation d'un bras ou d'une jambe par des attelles entraîne une atrophie musculaire et une diminution correspondante de la croissance du membre atteint.

Des études expérimentales [5] ont vérifié ces observations générales. Elles ont montré qu'une réduction de la fonction musculaire, par ablation du muscle ou de son nerf moteur, entraînait non seulement une diminution dans la croissance de l'os selon toutes ses dimensions mais aussi une réduction de la densité du tissu osseux et une raréfaction des rayons médullaires qui orientent l'architecture interne de l'os.

Au contraire d'une réduction des contraintes, un changement des points d'application de ces dernières provoque une restructuration des éléments compacts et spongieux du tissu qui permet à l'os de s'adapter à sa nouvelle fonction mécanique [6]. Bien que cette capacité d'adaptation du squelette soit la plus grande au cours de la croissance, elle persiste dans une moindre mesure pendant toute l'existence. Même à un âge avancé, les os du squelette sont capables d'une grande plasticité vis à vis des changements de contrainte qui peuvent apparaître, par exemple à la suite d'une fracture mal réduite.

Dans le cadre des limites physiologiques, on admet généralement que ce sont les forces de traction associées aux forces de compression qui, sur le schéma général des facteurs génétiques, modèlent le profil de l'os. En dehors des limites physiologiques, ces forces et en particulier la compression, peuvent provoquer une résorption en agissant sur l'irrigation sanguine de l'os.

Ce phénomène de l'adaptation plastique de l'os aux forces mécaniques a été expliqué de maintes façons. Beaucoup, parmi les premiers chercheurs dans ce domaine [7], pensaient que la stimulation mécanique s'opérait par l'intermédiaire du système vasculaire. Ils remarquèrent que les premiers rayons médullaires de l'os étaient proches des vaisseaux sanguins de la moëlle et que les lamelles de l'os compact étaient toujours disposées autour des espaces contenant les vaisseaux sanguins. Les forces mécaniques devaient influencer

la taille et la disposition des vaisseaux au cours de l'ossification et, enfin, l'architecture des os définitifs.

Les théories humorales n'étaient pas sans avoir aussi leurs partisans. Greig [8], par exemple, avança que les contraintes mécaniques provoquaient de petits traumatismes dans l'os ce qui entrainait une libération d'histamine. On sait que l'histamine cause une hypérémie locale qui favoriserait la formation de l'os.

D'autres auteurs avancent que ce sont les forces mécaniques qui stimulent directement les cellules osseuses qui sont à l'origine de la formation du tissu osseux, et que le réseau vasculaire épouse l'architecture de l'os. Ce concept paraît encore plus vraisemblable après les expériences de Glucksmann [9]. Ces expériences in vitro (c'est-à-dire sans vaisseaux sanguins) montrèrent que la formation de l'os peut être orientée par l'application de forces mécaniques externes sur l'os transplanté, au cours de sa croissance.

Des travaux récents ont apporté une explication plausible du mécanisme par lequel des forces mécaniques peuvent exercer leur influence sur l'activité de la cellule osseuse. Frost [10] a montré que des forces de traction ou de compression appliquées aux cellules du mésenchyme d'un tissu ostéogénétique pouvait faire apparaître chez ces dernières des propriétés ostéoplastiques (formation de l'os) ou ostéoclastiques (résorption de l'os). Il avança que la forme de la surface de l'os révélait le type d'activité prédominant. C'est-à-dire qu'un os soumis à une contrainte devenait plus concave (ou moins convexe) dans le cas de la formation osseuse stimulée et de la résorption inhibée, et au contraire plus convexe (ou moins concave) dans le cas de résorption osseuse stimulée et de la formation inhibée.

Des études sur les propriétés piezo-électriques du tissu osseux [11] apportent des éclaircissements sur les données physiques qui sont à la base de cette stimulation et de cette inhibition. On a constaté que des différences de potentiel et des courants faibles se produisaient sur les surfaces d'os ployés. En relation avec ce fait, figure la découverte de Bassett, Pawluk et Becker [12] selon laquelle il est possible de modifier la croissance de l'os avec l'application de courants électriques provenant de microélectrodes implantées dans le tissu. Cependant, il résulte des observations de Hoyte et Enlow [13] que d'autre facteurs entrent en ligne de compte. En effet, ils ont remarqué que le point d'attache d'un tendon sur l'os pouvait influencer la formation osseuse soit par ostéoplastie soit par ostéoclasie. Cela est une variante de la notion communément admise selon laquelle la traction exercée par le muscle stimule toujours la croissance osseuse au point d'attache. On ne sait rien sur la nature du mécanisme qui détermine cette croissance et l'on ne s'explique pas pourquoi deux points voisins ayant la même irrigation sanguine, le même influx nerveux et la même traction musculaire présentent l'un une excroissance osseuse et l'autre une résorption.

La croissance du squelette crânien des mammifères. — Le crâne des mammifères se divise principalement en deux parties. La partie supérieure est le boîtier protecteur dans lequel se logent le cerveau et ses annexes. Le squelette facial est, lui, suspendu, au front d'une part et à la partie postérieure de la boîte crânienne d'autre part.

La structure de la boîte crânienne se présente sous la forme d'une simple

boîte d'os percée de nombreux trous, ou foramines, permettant le passage des nerfs craniens et des vaisseaux sanguins d'alimentation. La boîte crânienne communique dans sa partie postérieure avec la colonne vertébrale par un orifice nommé foramen magnum qui permet la continuité entre le cerveau et la moëlle épinière. Les parois et les voûtes de la boîte crânienne sont formées par une série d'os incurvés dont les bords sont liés par des joints fibreux, ou sutures. A la base de la boîte crânienne, les os sont reliés par des joints de cartilage. Chez l'animal adulte, ces joints fibreux et cartilagineux tendent à disparaître et les os contigus se soudent.

Le squelette facial est plus complexe, il est constitué par les cavités orbitales (logement des yeux), les cavités nasales et les mâchoires supérieures et inférieures, ces dernières ayant des alvéoles osseuses où sont placées les dents. Les os du squelette facial supérieur sont traversés par une série de sinus qui communiquent avec les cavités nasales et sont remplis d'air. Le squelette facial résiste aux forces engendrées par la mastication au moyen d'un certain nombre de contreforts osseux ou surépaisseurs des os de la face qui vont de la mâchoire supérieure à la base du crâne entre les sinus de la région paranasale.

Les squelettes de la boîte crânienne et de la face sont différents non seulement dans leurs structures et leurs fonctions mais aussi par la façon dont ils grandissent. La croissance de la boîte crânienne suit étroitement celle du cerveau, elle est importante au cours de la période prénatale et durant les premiers mois de l'existence. Au contraire, la croissance du squelette facial est plus lente, elle se fait de façon continue jusqu'à la maturité et elle est étroitement liée à la pousse dentaire. Si l'on prend l'homme en exemple, on constate que le cerveau et la boîte crânienne ont atteint une taille presque définitive à l'âge de six ans alors que le squelette facial continue à grandir jusqu'à l'âge adulte avec des poussées de croissance liées à l'apparition des dents de lait et des dents définitives. C'est la base du crâne qui absorbe les différences de taille dues à cette croissance.

Les sutures fibreuses sont les principales lignes de croissance des os de la boîte crânienne, voûtes et parois. A chaque suture, les os sont séparés l'un de l'autre par cinq couches de tissu conjonctif. Les deux couches extérieures (les plus proches des os) ont des propriétés ostéogénétiques (elles contribuent à la formation de l'os) et elles sont reliées au périoste dont la fine membrane ostéogénétique couvre les surfaces internes et externes de l'os. Entre les deux couches ostéogénétiques il y a trois couches de tissus fibreux conjonctif. Des études expérimentales ont montré que [14] ces parties fibreuses de la suture ont simplement pour objet de séparer les couches ostéogénétiques et qu'elles ne jouent aucun rôle dans la criossance de la suture. Il n'en va pas de même pour les articulations cartilagineuses qui sont situées à la base du crâne. Dans ce cas, les surfaces osseuses contiguës sont séparées par des cartilages. La croissance de ces cartilages influe directement sur la vitesse à laquelle la base du crâne augmente en taille. C'est sur les surfaces de contact entre les cartilages et les os adjacents que s'effectue la résorption du cartilage et son remplacement par l'os. La vitesse de cette activité ostéogénétique s'ajuste à la vitesse de croissance du cartilage et le résultat est, en définitive, une augmentation de la taille des os de la base du crâne sans augmentation de l'épaisseur du joint cartilagineux.

La surface externe des os du squelette, y compris le crâne, est couverte

par une membrane vasculaire de tissu conjonctif dont la couche intérieure (c'est-à-dire la plus proche de l'os), formée d'un grand nombre de cellules, présente des propriétés relatives à la formation et à la résorption de l'os. La formation et la résorption osseuse qui se produisent à la surface du périoste servent à ajuster les parois et les voûtes de la boîte crânienne, ainsi que les os de la base du crâne, aux courbures décroissantes engendrées par l'augmentation de la taille du crâne.

Dans le squelette facial supérieur, les principales lignes de croissance sont également situées dans les sutures qui séparent les os. Ces sutures sont disposées selon les trois plans de l'espace de façon à permettre au squelette facial de grandir dans toutes les dimensions: horizontale, verticale et antéro-postérieure. En plus, dans cette région du crâne, la formation d'os par le périoste sur les surfaces antérieures et latérales contribue de façon importante à cette croissance dans toutes les dimensions. Chez les mammifères pachydermes à groins allongés la croissance faciale est largement déterminée par la croissance du cartilage nasal, ou septum, dont la résection expérimentale provoque un rétrecissement facial très marqué [15].

La croissance de la mandibule inférieure dépend de la croissance du cartilage situé immédiatement sous la surface de l'articulation de chaque condyle. Ce cartilage est différent de celui qui se trouve à la base du crâne. Son remplacement par l'os ne se fait que d'un seul côté (sur sa surface inférieure). Il est présent pendant toute la vie, bien que sa croissance cesse à la maturité.

Le processus qui se développe à partir des cartilages des condyles fait grandir la mandibule simultanément dans les dimensions suivantes: verticales et antéropostérieure. Au fur et à mesure que s'effectue cette croissance la forme de la mandibule s'ajuste grâce au dépôt et la résorption de l'os par le périoste. L'os se dépose sur la paroi postérieure du maxillaire et se résorbe sur la paroi antérieure. Lorsque le dépôt excède la résorption, l'épaisseur du maxillaire augmente.

Le crâne et les muscles de la mâchoire. — Des séries de systèmes musculaires, reliés au crâne et au squelette facial, sont associés aux régions supérieures des fonctions alimentaires et respiratoires ainsi qu'aux mouvements de la tête et à son équilibre sur la colonne vertébrale. Brodie [16] a étudié la façon dont ces attaches musculaires sont en équilibre. Sur l'animal il remarque que la symétrie bi-latérale du squelette et des structures musculaires existe si l'on compare la droite à la gauche, mais n'existe pas d'avant en arrière.

L'articulation du crâne sur les vertèbres cervicales est constituée par deux condyles qui se placent sur la première vertèbre dans une articulation hémisphérique (permettant la rotation), en présence de synovie. Chez les mammifères quadrupèdes ces condyles sont situés en arrière du crâne, ce dernier étant sur le même plan horizontal que la colonne vertébrale. Chez l'homme, ces condyles sont plus centrés sur la surface inférieure du crâne ce qui permet à ce dernier d'être mieux en équilibre sur la colonne vertébrale. Sa posture de bipède, son squelette facial plus petit, font que la tête de l'homme repose sur sa colonne vertébrale d'une façon plus équilibrée que chez les autres mammifères.

L'homme a un squelette facial plus petit et il a donc la musculature de sa mâchoire moins développée que celle des mammifères carnivores ou herbivores

ou des humanoïdes. Celà, ajouté au meilleur équilibre de la tête sur l'épine dorsale, fait que les muscles de la nuque sont aussi moins développés. Ces muscles ont pour fonction de rattacher l'occiput à la colonne vertébrale et d'assurer l'équilibre de la tête.

Chez les mammifères qui ont les muscles de la mâchoire et de la nuque très développés, les attaches musculaires au crâne sont renforcées par le développement d'arêtes ou de crêtes osseuses. Chez les mammifères carnivores et chez les humanoïdes les attaches des muscles de la nuque et de la région temporale (muscle de la mastication) sont renforcées par des crêtes latérales sagittales placées sur la voûte crânienne. Chez les mammifères herbivores, l'attache des puissants muscles de la mastication, ou ptérigoïdes, est facilitée par la présence de grands disques osseux sur la base du crâne. Chez l'homme, les crêtes et les disques de ces attaches sont petits suivant en celà le faible développement de la musculature.

Les étapes de la formation du crâne adulte. — En 1947, Washburn [17] publia les résultats d'une étude expérimentale et cet ouvrage est devenu maintenant classique. Il traite de l'influence de la fonction musculaire sur la croissance du crâne. Au cours de ses expériences, Washburn pratiqua l'ablation unilatérale des muscles de la tempe et de la nuque de rats nouveaux-nés. La coronoïde de la mandibule, sur laquelle est accrochée le muscle temporal, disparut, bien qu'elle ait été déjà formée au moment de l'opération. La crête temporale ne se développa pas et la crête de la nuque fut réduite en hauteur. Cependant la taille de la boîte crânienne resta normale. Après ces découvertes, Washburn classa les composants du crâne en trois catégories. Premièrement, ceux qui dépendent pour leur développement de la présence de muscles auxquels ils sont spécifiquement associés, c'est le cas des crêtes de la nuque et de la tempe. Deuxièmement, ceux qui se développent par eux-mêmes mais ne peuvent le faire complètement sans une stimulation musculaire, c'est, par exemple, la coronoïde de la mandibule. La troisième catégorie concerne les os, comme ceux de la boîte crânienne, qui se développent indépendamment de la fonction musculaire.

Par la suite, d'autres informations sont venues corroborer les idées de Washburn sur la nécessité pour les os de la première et de la deuxième catégorie de subir une stimulation musculaire pour assurer leur développement. Par exemple, Horowitz et Shapiro [18] pratiquèrent l'ablation unilatérale du muscle de la tempe chez des rats sevrés et constatèrent que cette ablation entrainait une résorption des crêtes de la tempe et de la coronoïde bien que celles-ci soient déjà formées au moment de l'opération. D'autres chercheurs ont fait des découvertes semblables en utilisant d'autres animaux. De plus, Rogers [19] décrivit un cadavre humain dans lequel les crêtes de la tempe et la coronoïde étaient atrophiées à la suite d'une paralysie unilatérale des muscles de la mâchoire, cette atrophie était placée du même côté que la paralysie.

On a beaucoup étudié l'influence de la fonction musculaire sur le développement des crêtes osseuses et autres attaches musculaires mais l'étendue de cette influence sur la mise en forme d'autres composants du crâne, par exemple la boîte crânienne et le squelette facial, a été beaucoup moins étudiée. Il semble probable, d'après les découvertes que nous venons d'évoquer, que

le tissu ostéogénique soit sensible aux forces mécaniques engendrées par la fonction musculaire. Il est possible de retrouver dans le crâne la même faculté d'adaptation que l'on constate dans les os du squelette. Cependant, l'étude de Washburn traite de changements morphologiques décelables à l'oeil nu mais ne pousse pas jusqu'à l'étude biométrique de variations intéressant toutes les dimensions.

Nous avons à notre disposition de nombreuses preuves de la croissance du crâne mais nous savons que cette croissance est due à celle du cerveau qui exerce une pression interne. Lorsque le cerveau ne grandit pas normalement, la croissance de la boîte crânienne s'en ressent également. Il arrive, chez le foetus humain, que le système nerveux central soit particulièrement atrophié (c'est l'anencéphalie). La boîte crânienne se compose alors de simples fragments d'os disséminés dans le tissu qui enveloppe le cerveau atrophié. Pour d'autres cas, le système nerveux central est normalement développé chez le foetus mais sa croissance est entravée (c'est la microcéphalie). Le cerveau est alors anormalement petit et il est entouré d'une boîte crânienne correspondante. Young [20] a essayé de savoir expérimentalement si cette déficience dans la croissance de la boîte crânienne est due au manque de stimulation par la pression interne du cerveau seule, ou si cette inhibition est due également à d'autres facteurs. Il enleva une partie du cerveau chez des rats nouveaux-nés et constata une diminution de la taille des os du crâne par rapport à la taille du crâne de rats témoins.

Cette idée selon laquelle c'est la croissance du cerveau qui entraine celle du crâne est également prouvée par des observations cliniques portant sur des cas d'enfants hydrocéphales. On sait que cette hydrocéphalie provient d'un blocage de la circulation du fluide cérébrospinal qui provoque une augmentation du volume intracranien. On a enregistré, pour des cas extrêmes non traités, des volumes supérieurs à 7 litres. Cette obstruction peut provenir d'une malformation congénitale du système circulatoire. Un cas encore plus significatif est celui où cette obstruction se produit chez un enfant normal par l'infection tuberculeuse des membranes entourant le cerveau, sans qu'il y ait d'anomalie de la croissance du crâne antérieure à l'infection. Il est donc bien évident, dans ce cas, que l'augmentation de la taille du crâne est alors une conséquence directe de l'augmentation de la pression intracranienne.

Par conséquent, il est clair que le facteur le plus important de la croissance de la boîte crânienne est la pression due à la croissance du cerveau. Néanmoins, l'expérience prouve que, même pour cette partie du crâne, la fonction musculaire n'est pas sans effet. Dokladal [21] et Moore [22] ont montré simultanément qu'une réduction de la mastication entraînait une réduction réduite, mais mesurable, de toutes les dimensions de la boîte crânienne.

On peut obtenir une réduction expérimentale de l'activité des muscles de la mastication à l'aide de nombreux procédés. On peut obtenir une diminution très importante par ablation chirurgicale de l'un ou de plusieurs des membres de cette famille de muscles [21, 22]. Une diminution moins importante peut être obtenue en nourissant les animaux d'expérience avec une nourriture de consistance anormalement molle [23, 24]. On a également pratiqué l'extraction unilatérale des dents de lait afin de réduire la mastication sur un côté. Néanmoins cette dernière méthode n'est pas convaincante car la présence des germes dentaires peut, à elle seule, être suffisante pour stimuler de façon notable la croissance des os de la mâchoire [25].

Ces expériences de laboratoire, menées surtout sur le rat, ont montré qu'une diminution de la fonction musculaire masticatoire provoquait non seulement un ralentissement de la croissance du crâne, mais également un changement de sa forme. Ce changement touche beaucoup plus le squelette facial que la boîte crânienne. Sur chaque partie du crâne on constate que la dimension la plus touchée est la longueur (c'est-à-dire la dimension antéro-postérieure) par rapport à la hauteur (ou dimension verticale) ou à la largeur (dimension transversale). En d'autres termes, les animaux dont la fonction masticatoire est réduite ont un crâne relativement plus large et ce changement affecte plus le squelette facial que la boîte crânienne.

On a trouvé récemment une explication de ce changement de forme grâce à une étude entreprise sur des rats nouveaux-nés dont on avait sectionné le masseter, muscle de la mastication [22]. Par rapport aux rats témoins, on a constaté une diminution moyenne du squelette facial de presque 3% alors que le chiffre correspondant pour la boîte crânienne était inférieur à 1%. Les différences entre la boîte crânienne et le squelette facial supérieur des rats cobayes et des rats témoins portaient beaucoup plus sur les longueurs (4% en moyenne) que sur la hauteur et la largeur (inférieures en moyenne à 1%). Les diminutions les plus importantes étaient localisées sur la mandibule où la variation enregistrée sur la longueur totale était supérieure à 7%. La valeur correspondante pour l'apophyse était, sur sa longueur, supérieure à 20%. Cette dernière caractéristique est spécifique de l'attache du masseter. L'analyse d'une série de radiographies de têtes de rats d'expérience (résultats non publiés) révéla que la majeure partie des longueurs mesurées sur les composants du crâne montraient déjà de légères différences au moment du sevrage. Par la suite, les différences entre rats expérimentés et rats témoins augmentèrent régulièrement jusqu'au sacrifice des rats alors agés de 5 mois. Par contre, pour les hauteurs et les largeurs, les différences au moment du sevrage n'augmentèrent pas par la suite. Ce schéma général comporte une exception qui concerne la cavité nasale (partie du squelette facial). En effet, au moment du sevrage il y avait une différence sur la longueur et sur la hauteur, mais cette différence s'atténua par la suite.

Trois facteurs significatifs ressortent de ces découvertes expérimentales. Premièrement, chez le rat, les muscles du masseter sont très saillants sur la mâchoire inférieure lorsque le rat mastique de cette façon caractéristique des rongeurs, c'est-à-dire d'avant en arrière. Il s'ensuit que les forces engendrées par ce mouvement agissent surtout sur les sutures transversales qui contribuent à la croissance en longueur du crâne. Deuxièmement, les sutures transversales du crâne continuent à grandir jusqu'à la maturité alors que les sutures longitudinales cessent de croître au moment du sevrage. Or, ce sont ces sutures qui contribuent à la croissance en hauteur et en largeur [26]. Troisièmement, ainsi qu'on peut l'établir par des études sur radiographies [27], les différences de croissance peuvent atteindre 25% en moyenne sur le squelette facial et ne sont que de 7% sur la boîte crânienne. Quelle que soit la partie du crâne considérée, ces différences portent plus sur la longueur que sur la largeur ou la hauteur.

L'exception de la cavité nasale peut s'expliquer par une corrélation étroite entre sa croissance et celle du corps entier de préférence à la corrélation avec des facteurs locaux tels que les forces mécaniques engendrées par la fonction musculaire.

Croissance du crâne et emboîtement dentaire. — L'apparition fréquente du chevauchement des dents reflète vraisemblablement une croissance mal adaptée du squelette facial. Le problème se pose alors de savoir si le crâne humain réagit comme celui des animaux d'expérience aux forces mécaniques et en particulier à celles que provoque la mastication. On ne peut naturellement entreprendre des expériences sur l'influence de la fonction musculaire sur la croissance du crâne humain, mais l'on dispose d'un certain nombre d'études qui concernent cette croissance, notamment sur l'influence des changements de nourriture que nous connaissons depuis l'apparition de la civilisation occidentale.

Il est possible de distinguer deux groupes parmi ces études. Premièrement, celles qui portent sur des populations ayant adopté récemment une nourriture de type européen en échange d'une nourriture de type primitif. On peut citer en exemple l'étude de Waugh [28] sur les esquimaux qui observa sur une de leur génération un chevauchement dentaire accru après l'adoption de certains mets civilisés. Des constatations semblables ont été effectuées par Clinch [29] qui remarqua que le taux de voûtes dentaires anormales chez les arborigènes australiens urbanisés était de 12% supérieur à celui des arborigènes vivant selon leurs coutumes traditionnelles.

Du point de vue de la nutrition, il est indéniable que la nourriture des peuples civilisés de l'Europe et de l'Amérique du Nord a la même valeur que celle des esquimaux ou celle des arborigènes australiens. Cependant, elle est composée en grande partie d'ingrédients affinés et bien cuits qui s'accomodent d'une mastication réduite. Au contraire, la nourriture des peuplades primitives est souvent grossière et peu cuisinée et sa consommation demande un grand effort de mastication.

Le deuxième groupe d'études se rapporte à des analyses sur les variations de taille et de forme du squelette facial et des dents, variations qui se sont produites en Europe au cours des siècles. Ce genre de travaux est rendu possible par la présence de nombreuses séries de squelettes dont on connaît la date d'inhumation avec une certaine précision. Par exemple, on en trouve en Angleterre pour les périodes suivantes: Néolithique, Age du Bronze, Age du Fer, Période Anglo-saxonne, Age Médiéval (du 12ème au 16ème siècle), 17ème siècle, 19ème siècle. Goose [30], en utilisant ces séries, a analysé en détail les variations de la mâchoire supérieure et de la dentition. Il constata que les dimensions du palais (partie de la mâchoire supérieure) avaient subi une réduction au cours de la période considérée. Cette réduction était intervenue surtout entre les séries de l'Age Médiéval d'une part et les séries des 17 et 19 ème siècles d'autre part. Moore, Lavelle et Spence [31] ont mené une étude sensiblement identique, mais portant sur la dentition et la mâchoire inférieure. Ils trouvèrent que la mâchoire inférieure avait subi les mêmes variations que celles constatées par Goose au cours des mêmes périodes. Ces deux études ont également montré que la taille des dents avait peu varié.

Lundstrom et Lysell [32] ont observé des variations similaires sur les crânes de Scandinavie. Une fois de plus, les différences les plus marquées concernaient l'Age médiéval et les crânes les plus récents.

Cette diminution de la taille des mâchoires entre l'Age Médiéval et le 17ème siècle s'accompagnait d'une importante augmentation de la fréquence des caries dentaires. Hardwick [33], dans le résumé de ses travaux sur les maladies dentaires des populations anciennes et modernes de l'Angleterre, men-

tionne que la fréquence des caries a presque doublé entre le 17ème siècle et les périodes les plus récentes. De même, Moore, Lavelle et Spence ont mentionné une augmentation de même importance pour les periodontites. On sait que l'apparition de ces maladies est directement liée à l'ingestion de certains types de nourriture, en particulier celles qui contiennent une proportion élevée de sucre et une proportion minime d'aliments grossiers réclamant une mastication vigoureuse.

Ce que l'on constate sur les dents, on peut le retrouver également par les chroniques historiques qui relatent les changements de nourriture accomplis à la fin de l'Age Médiéval [34]. Au cours de cette période, on a commencé, de plus en plus, à fabriquer le pain non plus à partir du seigle mais à partir d'une farine de froment finement blutée. En outre, les importations de sucre raffiné en Angleterre augmentèrent considérablement au cours de la même période. Ces changements de nourriture affectèrent beaucoup plus les grandes villes du Sud de l'Angleterre et il est significatif de constater que les séries des 17 et 19ème siècles viennent toutes les deux des cimetières de Londres.

L'ensemble de ces observations sur les populations et sur les squelettes prouve que l'élimination des éléments grossiers de la nourriture s'accompagne, en présence d'une cuisine plus élaborée, de la diminution de la taille du squelette facial. Les expériences décrites ci-dessus permettent d'avancer que cette diminution de la croissance osseuse est la conséquence directe d'une diminution de l'activité musculaire de mastication due au changement de nourriture. Comme l'indiquent les études de Goose, de Moore, de Lavelle et de Spence, la taille des dents, elle, n'a pas varié dans les mêmes proportions et la réduction de la taille de la mâchoire a été inévitablement la cause directe du chevauchement des dents.

Le fait que ces changements de taille aient été constatés pour leur plus grande part entre les squelettes de l'Age Médiéval et ceux du 17ème siècle, réduit à néant les hypothèses selon lesquelles ces changements seraient le résultat d'une tendance de l'évolution à long terme ou le résultat de métissages.

Des recherches sont encore nécessaires pour savoir si le crâne humain a également subi une variation dans sa forme, variation qui serait allée de pair avec la diminution de taille conséquence directe d'une mastication diminuée par le changement de nourriture au Moyen-Age. On sait, d'après des études portant sur des radiographies d'enfants, que le mode de croissance du squelette facial est pratiquement semblable à celui du rat de laboratoire. Entre la naissance et la maturité, cette partie du crâne augmente de 65 à 70% en longueur, de 55 a 60% en hauteur et de 40 à 45% en largeur [35]. D'après les expériences faites sur le rat, on peut penser que ces dimensions seraient affectées par un changement de l'activité musculaire proportionnellement aux différences entre ces pourcentages. Malheureusement, on ne possède aucune donnée sur ce point car les études entreprises ont été presque exclusivement centrées sur les parties dentaires des mâchoires. De même, on ne sait rien à propos de l'influence d'une atrophie des muscles de la mâchoire sur la taille et la forme de la boîte crânienne, à supposer que cette influence existe. Cependant, il semble que le crâne des Européens est devenu plus rond (c'est-à-dire relativement plus court) au cours des dernières années. Ce changement concorde avec les découvertes effectuées sur les crânes des rats alimentés avec une nourriture sans consistance et la réduction de la croissance est beaucoup plus marquée sur la longueur que sur la hauteur ou la largeur.

On ne peut exclure la possibilité d'un changement dû à des facteurs génétiques bien qu'il y ait de fortes présomptions pour que les diminutions observées sur la mâchoire de l'homme depuis le Moyen Age et le chevauchement des dents qui en résulte, soient, pour leur plus grande part, le résultat de la diminution de l'action des forces de mastication sur les tissus ostéogéniques du crâne et du squelette facial. Dans les deux cas, il semblerait que des facteurs pourraient agir pour limiter la portée du changement morphologique. Dans le cas de l'héritage génétique, la limite du changement est automatiquement ajustée à la plasticité phénotypique supportable. Dans l'autre cas, bien que la portée du changement morphologique puisse être plus grande il est vraisemblable, en dépit des progrès des chirurgiens dentistes, qu'une limite éventuelle soit plutôt le résultat des effets antagonistes et sélectifs de chevauchement et d'obstruction associés, au niveau des voûtes dentaires.

Birmingham, University, Department of Anatomy.

W. J. Moore

(Traduit par D. Cardot - Gif-sur-Yvette)

BIBLIOGRAPHIE

[1] Hooton E. A. (1947). *Up from the Ape.* MacMillan, New York. (see page 141 et seq.).

[2] Brash J. C. (1956). *The Aetiology of Irregularity and Malocclusion of the Teeth.* The Dental Board of the United Kingdom, London. (see page 94 & 423).

[3] Meyer H. v. (1867). *Die Architektur der Spongiosa.* Arch. Anat. Physiol. *34* : 615.

[4] Murray P. D. F. (1936). *Bones.* Cambridge University Press, Cambridge.

[5] Gillespie J. A. (1954). *The nature of the bone changes associated with nerve injuries and disuse.* J. Bone Jt. Surg. *36B* : 464 - 473.

[6] Murray P. D. F. (1936). *Bones.* Cambridge University Press, Cambridge.

[7] Weidenreich F. (1923). *Knochenstudien 2. Über schnenverknocherungen und Faktoren der Knochenbildung.* Z. Anat. EntwGesch. *69* : 558.

[8] Greig D. M. (1931). *Clinical observations on the Surgical Pathology of Bone.*

[9] Glucksmann A. (1942). *The role of mechanical stresses in bone formation in vitro.* J. Anat., Lond. *76* : 231 - 239.

[10] Frost H. M. (1964). *The Laws of Bone Structure.* Charles C. Thomas, Springfield, Illinois.

[11] Bassett C. A. L. and Becker R. O. (1962). *Generation of electric potentials by bone in response to mechanical stress.* Science, N. Y. *137* : 1063 - 1064.

[12] Bassett C. A. L., Pawluk R. J. and Becker R. O. (1964). *Effects of electric currents on bone in vivo.* Nature, Lond. *204* : 652 - 654.

[13] Hoyte D. A. N. and Enlow D. H. (1966). *Wolff's Law and the problem of muscle attachment on resorptive surfaces of bone.* Am. J. phys. Anthrop. (n.s.) *24* : 205 - 213.

[14] Girgis F. G. and Pritchard J. J. (1958). *Effects of skull damage on the development of sutural patterns in the rat.* J. Anat., Lond. 92 : 39 - 51.

[15] Sarnat B. G. and Wexler M. R. (1966). *Growth of the face and jaws after resection of the septal cartilage in the rabbit.* Am. J. Anat. *118* : 755 - 768.

[16] Brodie A. G. (1950). *Anatomy and physiology of head and neck musculature.* Am. J. orthod. *36* : 831 - 855.

[17] Washburn S. L. (1947). *The relation of the temporal muscle to the form of the skull.* Anat. Rec. *99* : 239 - 248.

[18] Horowitz S. L. and Shapiro H. H. (1951). *Modifications of mandibular architecture following removal of temporalis muscle in the rat.* J. dent. Res. *30* : 276 - 280.

[19] Rogers W. M. (1958). *The influence of assymetry of the muscles of mastication upon the bones of the face.* Anat. Rec. *131* : 617 - 632.

[20] Young R. W. (1959). *The influence of cranial contents on post-natal growth of the skull in the rat.* Am. J. Anat. *105* : 383 - 415.

[21] Dokladal M. (1964). *Versuch einer experimentellen Beeinflussung der Schadelform bei Ratten.* Spisy lek. Fak. Masaryk Univ. *37* : 105 - 161.

[22] MOORE W. J. (1967). *Muscular function and skull growth in the laboratory rat (Rattus norvegicus).* J. Zool., Lond. *152* : 287 - 296.

[23] WATT D. G. and WILLIAMS C. H. M. (1951). *The effect of the physical consistency of food on the growth and development of the mandible and the maxilla of the rat.* Am. J. orthod. *37* : 895 - 928.

[24] MOORE W. J. (1965). *Masticatory function and skull growth.* J. Zool. Lond. *146* :123 - 131.

[25] BAKER K. W. (1941). *The influence of the formative dental organs on the growth of the bones of the face.* Am. J. orthod. 27 : 489 - 506.

[26] BAER. *Patterns of growth of the skull as revealed by vital staining.* Hum. Biol. *26*: 80 -126.

[27] MOORE W. J. (1966). *Skull growth in the albino rat (Rattus norvegicus)* J. Zool., Lond. *149* : 137 - 144.

[28] WAUGH L. M. (1937). *Influence of diet on the jaws and face of the American Eskimo.* J. Am. dent. Ass. *24* : 1640 - 1647.

[29] CLINCH L. (1951). *The occlusion of the Australian Aborogines.* Trans. Eur. orthod. Soc. (1951) page 80 - 93.

[30] GOOSE D. H. (1962). *Reduction of palate size in modern populations.* Archs. oral Biol. *7* : 343 - 350.

[31] MOORE W. J., LAVELLE C. L. B. and SPENCE T. F. (in press).

[32] LYSELL L. (1958). *A biometric study of occlusion and dental arches in a series of mediaeval skulls from Northern Sweden.* Acta odont. scand. *16* : 177 - 203.

[33] HARDWICK J. L. (1960). *The incidence and distribution of caries throughout the ages in relation to the Englishman's diet.* Br. dent. J. *108* : 9 - 17.

[34] ASHLEY SIR WM. (1928). *The Bread of our Forefathers.* Clarendon Press, Oxford.

[35] KROGMAN W. M. (1951). *The problem of « timing » in facial growth, with special reference to the period of the changing dentition.* Amer. J. *orthod. 37* : 253 - 276.

LES EFFETS SENSORIELS DU VIEILLISSEMENT CHEZ L'HOMME

En 1958, le nombre d'individus civils non institutionalisés aux Etats-Unis qui avaient 65 ans ou plus était estimé à environ 14,4 millions. Avec un accroissement d'approximativement 1.000 par jour, on prévoit que cette population oscillera entre 21 et 23 millions vers 1975[1]. *Il y a, par conséquent, un intérêt grandissant pour les problèmes de vieillissement à mesure que l'espérance de vie de la population s'accroît. A un certain niveau d'analyse, il est important pour des raisons théoriques et pratiques de comprendre comment le vieillissement tend à affecter les fonctions sensorielles chez l'homme et la mesure suivant laquelle de tels changements produisent des modifications dans le comportement. En conséquence, cette revue est concernée primairement par des études de psychologie expérimentale qui révèlent une relation entre le vieillissement humain et les processus sensoriels. L'accent principal se trouve sur les découvertes empiriques dans les domaines de la vision, audition, gustation, olfaction, souffrance, toucher et vibration. Certaines données sur des fonctions perceptives choisies sont également incluses et l'on montre qu'aucune théorie isolée ou hypothèse ne peut expliquer la diversité des données actuellement disponibles. L'évidence indique clairement que des changements significatifs ont lieu dans les fonctions des sens et de la perception en fonction du vieillissement et les implications de ces changements en rapport avec le comportement de l'homme sont discutées. En effet, cet article résume l'état actuel de nos connaissances dans le domaine du vieillissement et des sens de l'homme et il doit suggérer de nouvelles lignes d'orientation pour des recherches futures dans un domaine relativement jeune et prometteur.*

1. - INTRODUCTION. — Ceci est un article sur le vieillissement. Birren (1964) a défini l'objet de la psychologie du vieillissement comme la « description et l'explication de l'évolution du comportement de l'adulte durant tout le cycle de la vie. Celle-ci comprend l'étude des facultés, des aptitudes, des sentiments, des émotions et du comportement social comme ils se différencient chez l'adulte avec l'âge. (p. 10). Dans le présent article, cependant, seulement cette portion de la psychologie du vieillissement qui traite des facultés sensorielles sera considérée en détail.

Le but de cet article, donc, est de présenter une revue exhaustive des preuves scientifiques sur les effets du vieillissement sur les sens humains. Néanmoins, notre intention n'est pas de dresser un catalogue de toutes les études qui ont paru dans la littérature sur ce sujet, mais de citer les études qui ont révélé les changements les plus significatifs dans le comportement en conséquence du processus de vieillissement. Aussi, cet article ne sera pas concerné par les études effectuées sur des individus malades ou indisposés. L'objectif est d'examiner les processus sensoriels de l'homme en relation avec les modifications fonctionnelles qu'on est en droit d'attendre lorsque l'âge avance. La prémisse de base est qu'une analyse complète des effets sensoriels du vieillissement ne va pas seulement révéler des rapports particuliers qui sont théoriquement importants, mais va fournir des informations de signification pratique pour le bien-être de l'homme civilisé.

[1] MCCONNELL J. W. - *The impact of aging on the economy.* J. Gerontol., 1958, 13, 42-47.

2. - La Signification du Vieillissement. — D'un point de vue général, le vieillissement est concerné par ces ensembles caractéristiques de changements qui se produisent dans l'âge avancé et qui sont distinguables des changements dus à la maladie ou à des circonstances fortuites de la vie de l'homme. Ainsi, le vieillissement dénote des changement que l'on peut normalement attendre chez tous les membres d'une espèce donnée, bien que ces changements puissent se produire à divers degrés et à des taux différents. De tels changements sont déterminés et, par conséquent, prédisibles, en supposant la disponibilité d'une connaissance scientifique adéquate et suffisante. Cependant, il n'y a pas de justification valable actuellement pour définir le vieillissement comme le résultat d'une variable unique qui contrôle les diverses manifestations de l'âge adulte avancé.

Alors que le terme « vieillissement » se rapporte à des changements qui sont étroitement reliés au temps chronologique, les deux concepts (vieillissement et temps) ne sont pas synonymes. Le cycle de vie de l'homme est tellement affecté par les demandes de la société et les traits physiques du développement, de la maturité et de la sénéscence sont à un tel point diversifiés qu'il n'est pas possible d'utiliser une fonction graphique unique pour illustrer le cycle complet de la vie avec ses différentes périodes et taux de changement. On pourrait s'attendre que le taux de changement dans un graphique dépeignant la maturation et la sénescence humaines soit différent en fonction des variables particulières qui sont mesurées - celles-ci pourraient être biologiques, psychologiques ou sociologiques.

De là, il s'ensuit que trois sortes de vieillissement peuvent être distinguées: biologique, psychologique et sociologique (Birren, 1964). L'âge biologique est étroitement lié à l'âge chronologique et il indique l'état actuel de l'individu relativement à son espérance potentielle de vie. La caractéristique primaire du vieillissement biologique c'est l'espérance de vie de l'espèce particulière à laquelle l'organisme appartient; l'âge biologique est inféré d'une série de mesures anatomiques et physiologiques. Conformément à Sacher (1965), « la majorité des biologistes expérimentaux acceptent implicitement la proposition que l'on peut expliquer le vieillissement biologique en caractérisant les changements qui interviennent avec le temps dans la composition moléculaire de l'organisme » (p. 99).

L'âge psychologique est une fonction de l'âge chronologique et de l'âge biologique, mais il s'étend au-delà de la combinaison de ces facteurs. Il se rapporte primairement à la faculté de l'individu de s'adapter aux circonstances de son environnement. L'âge psychologique est, par conséquent, dérivé des observations du comportement de l'individu ou de ses réactions subjectives envers lui-même et son environnement. Les mesures de l'âge psychologique définissent la capacité d'adaptation de l'individu.

Finalement, l'âge sociologique est une fonction de l'âge chronologique, biologique et psychologique, mais il n'est pas complètement défini par ces facteurs. L'âge sociologique est relié aux structures des coutumes sociales et aux rôles culturels de l'individu en relation avec les attentes modales qui sont imposées par son groupe apparenté et la société en général. A un âge chronologique donné, la société attend qu'un individu montre certaines caractéristiques de comportement; ces attentes ont évolué sur de longues périodes de temps dans l'histoire de la société et sont de puissantes forces dans la détermination de la nature des rapports inter-personnes et inter-groupes. Les so-

ciétés ont souvent des systèmes de statut d'âge bien établis à l'intérieur desquels l'âge sociologique peut être défini.

On a vu, par conséquent, que le vieillissement peut avoir une grande variété de significations - en termes généraux, biologique, psychologique, et sociologique. La teneur du présent article est bornée au vieillissement en termes de fonctionnement psychologique et, plus précisément, ainsi qu'indiqué dans l'introduction, le comportement sensoriel.

3. - Processus Sensoriels et Comportement Humain. — La psychologie, en tant qu'étude scientifique du comportement des organismes vivants, est concernée par la relation du comportement avec les forces physiques et sociales dans l'environnement. Encore que plusieurs autres sciences étudient le comportement de l'organisme sous une forme ou une autre, c'est la tâche unique de la psychologie de déterminer la manière suivant laquelle les forces ambiantes provoquent et modifient le comportement, et de rechercher comment, à son tour, le comportement résultant modifie ces forces (Corso, 1967a). La plus grande partie de ce travail est conduite dans les limites du segment de la psychologie que l'on désigne communément comme la psychologie expérimentale.

Un aspect de la psychologie expérimentale s'occupe des processus sensoriels et perceptifs de l'homme. Ces processus, comme toutes les autres fonctions psychologiques normales, impliquent des schémas de comportement intégrés consistant en des composantes neuro-musculo-sensorielles. D'un point de vue théorique, on ne peut pas séparer valablement ces processus des schémas globaux des organismes en comportement; néanmoins, on peut faire cette séparation sur une base arbitraire, puisqu'elle fournit une unité convenable d'étude de la matière du sujet psychologique et de la méthodologie de la recherche.

La plupart des psychologues contemporains s'accordent sur ce que tout comportement est déclenché par une forme quelconque de stimulation (Rozeboom, 1960). Cette stimulation peut avoir sa source dans des conditions qui sont présentes soit à l'intérieur ou à l'extérieur de l'organisme. Dans l'un et l'autre cas, les stimuli s'exercent sur l'organisme et l'activité de l'organisme est déclenchée ou entretenue. Les stimuli, ainsi que définis dans ce contexte, sont les attributs et les propriétés des objets du stimulus et se rapportent à diverses formes d'énergie physique, telles que la chaleur, le son et la lumière. Un point de départ approprié, alors, pour l'étude du comportement humain, à savoir que le comportement a lieu durant les années de maturité et de senescence, c'est de considérer les diverses formes de stimulation et la capacité de l'individu à répondre à une telle stimulation. Les processus sensoriels sont les liens qui relient tous les organismes ayant un comportement à leur environnement externe et interne et qui fournissent des informations sur cet environnement. Une compréhension de ces processus est essentielle pour la compréhension du comportement humain.

La fonction fondamentale des organes des sens de l'homme c'est d'agir comme transducteurs de l'énergie physique, c.-à-d., de transformer l'énergie physique en des schémas codés d'implusions nerveuses qui cheminent au sein de tractus nerveux associés. Bien que ces schémas d'impulsions puissent être perturbés en route, ils parviennent finalement au niveau des zones sensorielles primaires dans le cerveau. Ces processus neuro-physiologiques donnent naissance à divers concomitants psychologiques (Weiss, 1963) [1]: la propagation

de l'impulsion nerveuse peut être bloquée et aucune réponse perceptible ou imperceptible de l'organisme ne va se produire [2]. L'excitation nerveuse peut déterminer une réponse perceptible cu imperceptible de l'organisme sans aucune « conscience subjective » rapportable, comme dans la respiration [3]. Il peut y avoir une réponse perceptible par l'organisme, mais sans discrimination de certaines caractéristiques du stimulus, comme lorsqu'on entend un mot prononcé sans le comprendre [4]. Une transformation symbolique du stimulus peut se produire de sorte que l'organisme peut répondre en termes de concepts plus complexes ou abstraits, comme lorsqu'on entend un « chat, chien, cheval et vache » et que l'on rend compte d'« animaux » [5]. Des catégorisations incorrectes peuvent être engendrées par des stimuli qualitativement ou quantitativement insuffisants qui produisent des perceptions erronées, comme lorsqu'on entend « burst » pour « first ». On voit, par conséquent, que les événements qui se déroulent dans le système nerveux humain peuvent conduire à des comportements simples ou complexes différents; l'étude de ces comportements rend parfois possible de déterminer si les facteurs majeurs qui sont associés à ces changements dans le vieillissement sont dus primairement à des processus centraux ou à des processus périphériques comprenant les organes des sens et leurs voies nerveuses.

Ce type d'analyse conduit à l'organisation fonctionnelle des activités sous-jacentes au comportement de l'homme ainsi que représenté dans le diagramme global de la Figure 1 (Welford, 1965).

Les « boîtes » montrent les processus fondamentaux qui sont impliqués dans le système moteur sensoriel de l'homme et elles comprennent celles reliées à la sensation et à la perception, au choix, au mouvement et à la mémoire. Ces processus et les diverses « boucles de feedback » fournissent un ensemble important de concepts dynamiques qui sont nécessaires pour l'entendement du comportement humain.

On doit noter, cependant, que de telles analyses fonctionnelles n'ont pas besoin d'être parfaitement reliées à des constats neuro-anatomiques, bien que la majorité le soit souvent à quelque degré. La connaissance du comportement et la connaissance neuro-anatomique doivent en fin de compte être parfaitement liées, mais pour le moment des hypothèses dans un domaine peuvent apporter de précieux soutiens pour la recherche dans d'autres. Aussi, jusqu'à récemment, on a supposé que certains changements dans le comportement avec l'âge, tels qu'un rendement diminué dans les aptitudes motrices complexes, étaient dus presque entièrement à des changements dans les organes des sens et les effecteurs qui forment les deux extrémités de cette chaîne motrice sensorielle particulière. Des preuves récentes indiquent que ceux-ci peuvent ne pas être les facteurs limitants, mais le résultat n'en est pas été dégagé.

Il n'y a pas de question, cependant, que la sensibilité de l'homme à la stimulation physique, son aptitude à répondre sélectivement à cette stimulation, et sa capacité à intégrer l'information fournie par une telle stimulation, constituent des portions significatives d'un processus continu qui forme la base de la vie. Si les facteurs dans le processus sont dénaturés dans l'âge avancé, il faut s'attendre à des changements dans le comportement. Le degré auquel ces changements sont directement influencés par des modifications dans les processus sensoriels doit être examiné afin que les aspects théoriques et pratiques du vieillissement puissent être établis. Les sections successives de cet article sont tournées vers cet objectif.

4. - VISION. — *Le seuil absolu.* - Encore que l'oeil humain soit très résistant au changement en dépit de l'énorme quantité de travail accompli dans la durée moyenne de la vie, il y a certaines modifications structurelles qui se produisent toutefois avec l'âge et qui affectent les fonctions de la vue. On peut constater certains de ces changements dans le cristallin. La taille du cristallin continue à augmenter jusqu'à l'extrême vieillesse et l'épaisseur du cristallin augmente tout au cours de la vie. Au fur et à mesure du vieillissement, les noyaux et les membranes cellulaires des vieilles fibres situées dans les portions les plus centrales du cristallin sont comprimés, perdent de l'eau, et se contractent; le noyau et la région centrale du cristallin perdent par conséquent de leur transparence. La capsule devient plus épaisse et moins perméable (Leopold, 1965).

Dans la mesure où le cristallin accomplit deux fonctions, en transmettant et en réfractant la lumière, ces changements dus à l'âge interfèrent avec l'une et l'autre de ces fonctions. Le cristallin non seulement devient moins transparent à toute l'étendue du spectre visible (Said et Weale, 1959), mais il y a également une opacification en rapport avec la partie bleue du spectre. Ainsi, le cristallin devient plus jaune avec l'âge et produit à la fois une perte globale dans la quantité de lumière qui pénètre dans l'oeil et un changement dans la qualité spectrale de la lumière.

La quantité de lumière qui atteint l'oeil est aussi réduite par les dimensions de la pupille qui tend à diminuer avec l'âge (Birren, Casperson et Botwinick, 1950). Par l'adaptation à l'obscurité, le diamètre de la pupille à 20 ans est approximativement de 7,5 millimètres et à 85 ans, approximativement de 4,8 millimètres; sous une illumination de 1,0 millilambert, les diamètres sont approximativement 5,0 et 3,5 millimètres, respectivement, pour les mêmes âges. Puisque la zone pupillaire est proportionnelle au carré du diamètre, la surface diminue à une vitesse même plus grande avec le vieillissement.

Ainsi qu'on pouvait s'y attendre, ces changements séniles affectent le seuil absolu de vision, à savoir, la quantité minimum de lumière qui peut être détectée et rapportée dans une proportion spécifiée (habituellement 0,50) des essais expérimentaux. Quand on mesure le seuil absolu dans les conditions de l'adaptation à l'obscurité avec de la lumière blanche comme stimulus, le seuil augmente (sensibilité devient moindre) avec l'âge approximativement comme l'inverse de la surface pupillaire moyenne (Robertson et Yudkin, 1944). L'emploi de la lumière blanche comme stimulus, cependant, minimise les effets du vieillissement observé par le jaunissement du cristallin. Ainsi, si le diamètre pupillaire est maintenu constant et le seuil absolu est mesuré avec de la lumière de l'extrêmité du spectre visible de courte longueur d'onde, p.ex., en utilisant de la lumière bleue ou violette, il y a une élévation significative du seuil en fonction de l'âge (Weale, 1961a). Ce changement est presque entièrement dû au jaunissement du cristallin.

Weale (1961b) a montré également que dû à ces facteurs, sans se soucier si l'oeil est adapté à la lumière ou à l'obscurité, un tiers environ seulement de la lumière qui atteint la rétine d'un individu de vingt-deux ans tomberait sur la rétine d'un individu âgé de soixante ans, étant donné une source blanche standard. Il y a essentiellement une décroissance linéaire entre les quantités de lumière effective atteignant la rétine adaptée à la lumière ou à l'obscurité et l'âge d'une personne de vingt à soixante ans. Si de la lumière bleue plutôt que de la lumière blanche est utilisée comme stimulus, la diminution dans

l'illumination rétinienne est même plus prononcée avec l'âge et peut atteindre un facteur de 8 ou 9. Cela indique que lorsque le niveau général de lumière blanche ou colorée est augmenté, la vision d'une personne âgée va s'améliorer relativement davantage que celle d'une personne jeune.

Acuité visuelle. — Une autre facette de l'efficience visuelle implique la mesure de l'acuité. Cette mesure est généralement utilisée pour déterminer l'aptitude de l'oeil à résoudre les détails fins dans un objet externe. Techniquement, l'acuité visuelle c'est l'inverse de l'angle de vision minimum exprimé en minutes d'arc. L'angle de vision minimum est l'angle sous-tendu à l'oeil par le plus petit détail que l'on peut distinguer dans un objet-test, tel par exemple la localisation d'une lacune dans un cercle interrompu (C de Landolt). Plus la lacune que l'on peut détecter est petite, plus élevée (meilleure) est l'acuité visuelle et vice versa. Dans une épreuve clinique, l'acuité visuelle est mesurée par la célèbre Carte de Snellen qui contient des lettres de l'alphabet anglais. Puisque les tâches visuelles dans la vie quotidienne ont souvent lieu à des niveaux plutôt élevés de lumière naturelle ou artificielle, les effets du vieillissement seront plus importants en termes d'acuité visuelle qu'en termes de seuils absolus.

La tendance évolutive pour l'acuité visuelle, c'est d'être relativement faible chez les jeunes enfants et de s'améliorer jusqu'au premier âge adulte. Cela est suivi par un léger déclin à partir environ de 25 ans jusque vers les cinquante; pour certaines personnes il peut y avoir un déclin accéléré dans les dernières années. Pour autant que l'acuité visuelle est fonction du niveau d'illumination ambiante, avec les niveaux les plus élevés produisant une meilleure acuité, on doit s'attendre que le pouvoir de résolution de l'oeil soit plus faible avec l'âge par suite d'une diminution dans la quantité de lumière qui parvient à la rétine. Ceci, en fait, se produit; néanmoins, si l'illumination rétinienne est accrue durant les mesures de l'acuité visuelle, on trouve que les valeurs de l'acuité visuelle chez le vieillard n'atteignent jamais celles chez les jeunes individus (Frankhauser et Schmidt, 1957). Dans des buts pratiques, cependant, on peut se rapprocher d'une acuité visuelle égale en exigeant des niveaux d'illumination plus élevés lorsque l'âge avance (Guth, Eastman et McNelis, 1956).

Puisque la rétine et la choroïde de l'oeil sont relativement exempts de changements séniles, la détérioration de l'acuité visuelle et de certaines autres fonctions visuelles avec l'âge n'est probablement pas due à la sénescence rétinienne (Leopold, 1965). En revanche, cette détérioration est beaucoup plus probablement attribuable aux changements dus à l'âge dans le cristallin et l'humeur vitreuse. Ces changements impliquent des opacités vitreuses, des distortions cellulaires et d'autres altérations qui interfèrent avec la transmission normale de la lumière à travers les milieux dioptriques, entraînant par ce fait la dispersion de la lumière et un brouillage de l'image rétinienne. Le vieillissement affecte manifestement le pouvoir de résolution visuel pour la distinction des détail, mais non par une résolution rétinienne altérée. Malheureusement, les changements sénescents qui produisent cette perte dans l'acuité visuelle sont irréversibles et, à présent, sans remède. De plus, il est tout à fait possible que cette perte dans l'acuité visuelle puisse se manifester comme une diminution dans la vitesse d'une réponse du comportement dans laquelle une telle information visuelle est utilisée.

Presbytie. — La faculté de l'oeil à distinguer les détails est contrôlée dans une large mesure par le processus d'accomodation. L'accommodation comprend un ajustement du muscle ciliaire qui provoque un changement dans la distance focale du cristallin de l'oeil de sorte que les rayons de lumière incidente sont focalisés sur la rétine. Dans l'accommodation, le cristallin devient plus épais lorsqu'une personne regarde un objet proche; il devient plus fin pour un objet éloigné. La distance la plus grande à partir de laquelle les rayons de lumière d'un objet peuvent être focalisés convenablement sur la rétine est appelé le point extrême de la vision. Dans l'oeil normal, cette distance est à l'infini. Egalement, il y a un point qui définit la distance la plus rapprochée où l'on peut placer un objet et le voir encore nettement. Celui-ci est appelé le point proche de la vision. La distance linéaire entre le point proche et le point extrême est appelé le domaine d'accommodation.

Avec le vieillissement, le cristallin révèle une accumulation continuelle de protéines insolubles et une concentration en un pigment jaune, non identifié (Weale, 1960). Cela entraîne à la fois un durcissement du cristallin (qui réduit le domaine d'accommodation) et une diminution dans la quantité de lumière parvenant à la rétine.

Le changement physiologique dans la capacité de l'oeil à accommoder en fonction de l'âge est appelé presbytie. Lorsqu'une personne vieillit, le point proche de la vision s'éloigne, de sorte que le domaine d'accommodation devient toujours moindre. Cela est particulièrement marqué après vingt ans. A dix ans, le point proche est approximativement trois inches de l'oeil normal; à 20 ans, il est environ quatre pouces; à 30 ans, environ 5,5 pouces; à 40, environ 8,5 pouces; à 50, environ 15 pouces; et à 60 ans, environ 39 pouces (Morgan et King, 1966). Il s'ensuit, alors, qu'avec l'âge des « lunettes pour lire » seront nécessaires pour voir nettement les objets rapprochés, même si les yeux étaient hémétropes à l'origine (normaux).

Adaptation à l'obscurité. — Lorsqu'on laisse une personne à l'obscurité pendant un certain laps de temps, ou lorsqu'elle a les yeux recouverts de lunettes protectrices imperméables à la lumière munies de lentilles opaques, son système visuel subit un processus d'adaptation au noir. Durant ce processus, qui est essentiellement complet en environ une heure, la sensibilité de l'oeil humain à un stimulus lumineux est notablement accrue, c.-à-d., le seuil absolu est progressivement abaissé. La courbe d'adaptation à l'obscurité, d'une manière typique, consiste en deux segments: l'un pour les cônes de la rétine et l'un pour les bâtonnets. L'adaptation des cônes est essentiellement complète en environ dix minutes, avec une augmentation approximativement de dix fois dans la sensibilité; celui-ci est suivi par le segment de l'adaptation des bâtonnets qui montre une augmentation dans la sensibilité d'approximativement 10.000 fois en une période de trente minutes (Corso, 1967a).

Parmi d'autres variables, le processus d'adaptation à l'obscurité a été étudié en fonction de l'âge (Birren et Shock, 1950). On a trouvé que les personnes âgées (p.ex., 70 à 82 ans par rapport à 60 à 69 ans par rapport à 40 à 59 ans) ont besoin de plus de temps pour atteindre un niveau donné d'adaptation à l'obscurité. Cependant, cet effet est apparemment dû à l'augmentation dans le seuil absolu de la vision avec l'âge, et non dû à une différence dans la vitesse d'adaptation. La vitesse d'adaptation, à savoir, la baisse dans les seuils en fonction du temps dans l'obscurité, est indépendante de l'âge. Le taux de

temps pour atteindre un niveau donné d'adaptation est, par conséquent, fonction de la quantité accrue de lumière que l'on doit employer pour atteindre le seuil absolu pour un âge avancé particulier. Etablie en termes différents, la forme de la courbe d'adaptation à l'obscurité est la même pour les différents âges, mais les courbes pour les âges différents sont déplacées les unes des autres d'une quantité proportionnelle aux différences dans les seuils absolus pour ces âges. Ainsi, on peut conclure qu'il n'y a pas de variation sénile significative dans la vitesse des processus neuro-physiologiques qui sont les médiateurs de l'adaptation à l'obscurité.

Néanmoins, ces données ont des implications pratiques que l'on doit remarquer. Par exemple, les personnes âgées peuvent être suspectées avoir des difficultés à conduire de nuit. Puisque les gens âgés ont des seuils de vision plus élevés, le laps de temps requis pour que l'oeil recouvre un niveau de sensibilité égal à celui d'une personne plus jeune, après avoir croisé une voiture venant en sens inverse avec ses phares, serait notablement plus long. La personne âgée a une période prolongée durant laquelle il ne peut pas voir dans l'obscurité et cette période prolongée pourrait entraîner un délai dans la réponse du conducteur qui pourrait être fatal.

Fréquence de fusion critique (CFF). — Si un rayon lumineux d'une source donnée est interrompu à faible vitesse, l'observateur verra nettement les phases séparées de lumière et d'obscurité, ainsi qu'elles se produisent. Si la vitesse à laquelle la lumière est interrompue est accrue graduellement, il va y avoir une certaine fréquence d'interruption à laquelle les phases séparées de lumière et d'obscurité disparaîtront et l'on ne verra qu'un état constant de lumière. La fréquence critique de fusion (CFF) est cette fréquence minimum d'interruption où le vacillement de la lumière n'est plus visible et où s'opère la fusion. Encore qu'il y ait des différences individuelles dans le seuil de fusion, comme dans d'autres fonctions sensorielles, la CFF pour de jeunes adultes normaux est environ quarante cycles par seconde; au-delà de cette fréquence on voit la lumière interrompue comme une source éclairante continue.

Les preuves expérimentales montrent, cependant, que la CFF tend à décroître avec l'âge (Misiak, 1947). Il est également bien établi que la CFF varie avec la luminosité de la source de lumière et avec le pourcentage de temps-cycle où la lumière est allumée, à savoir, le rapport lumière-obscurité. Tous ces deux facteurs affectent la quantité de lumière qui atteint la rétine. Puisque les changements séniles altèrent le cristallin et la pupille de sorte que moins de lumière ne parvient à la rétine d'une source donnée, il semble raisonnable de conclure que ces facteurs physiques sont primairement responsables de la diminution dans la CFF avec le vieillissement. Le déclin moyen dans la CFF ainsi qu'il a été estimé d'un bon nombre d'études est d'environ sept cycles par seconde entre l'âge de 20 et 60 ans (Weale, 1965).

Ainsi qu'on l'a déjà suggéré, le changement dans la CFF est largement dû à des facteurs périphériques plutôt que centraux. Dans une étude (Weekers et Roussel, 1946) la CFF a été mesurée en fonction de l'âge lorsque la pupille de l'oeil était naturelle et lorsqu'elle était dilatée. Avec la pupille naturelle, la CFF moyen était environ 40 cycles par seconde pour des sujets âgés de 20 à 30 ans et environ 32 pour des sujets âgés de soixante et un à soixante-dix ans. Avec la pupille dilatée, les seuils moyens de fusion pour les mêmes sujets étaient environ 43 et 38 cycles par seconde, respectivement. Ces chiffres indi-

quent que la CFF inférieure pour les sujets les plus vieux est due primairement à des changements avec l'âge dans les structures de l'oeil formant l'image, c.-à-d. la pupille et le cristallin.

Cela ne veut pas dire, cependant, que les facteurs centraux doivent être ignorés lorsque l'on considère la CFF. Dans une étude récente (Misiak, 1961), on a obtenu une faible corrélation positive entre la CFF et les mesures de certaines fonctions intellectuelles pour des femmes en bonne santé entre 74 et 80 ans. Pour un groupe de jeunes adultes, les résultats furent négatifs; ni les tests des fonctions intellectuelles, ni le IQ (quotient intellectuel) n'étaient reliés à la CFF. Néanmoins, les sujets dans ce jeune groupe avec une intelligence inférieure (IQ au-dessous de 100 avec un groupe moyen de 90) avait une CFF significativement moindre qu'un groupe à IQ plus élevé. On a suggéré que toutes les fois que l'efficience générale du système nerveux central (SNC) est réduite par morbidité ou vieillissement, à la fois la CFF ot certaines fonctions intellectuelles vont être aussi déprimées. Cette hypothèse est étayée par les données de Wilson (1963) qui a trouvé que le vieillissement (de 20 à 79 ans) et l'intelligence non-verbale sont deux déterminants de la CFF. Il n'y a pas de différences dues au sexe dans la CFF à tous les âges.

Post-effets d'une figure. — Les effets du vieillissement sur le système nerveux central a aussi été considéré en termes de post-effets d'une figure (Axelrod et Eisdorfer, 1962). Ce phénomène implique un stimulus d'inspection ou une figure initiale (I) et un second stimulus ou figure-test (T). Opérationnellement, un post-effet d'une figure est caractérisé comme un changement systématique dans les caractéristiques de la figure-test après une exposition prolongée au stimulus initial. Le changement dans la perception subséquente de la figure-test implique typiquement quelque modification dans la forme de la figure, ou plus généralement, dans ses caractéristiques spatiales (Gibson, 1933; Kohler et Wallach, 1944). Des post-effets de ce type général ont été démontrés dans la vision, la synesthésie et l'audition (cf. revue par McEwen, 1958).

Du point de vue du développement, il y a une certaine évidence qui indique que des changements significatifs doivent avoir lieu dans la fréquence de survenue du post-effet visuel de l'enfance à l'âge adulte (Pollack, 1960). La fonction révèle une baisse dans la fréquence d'environ 4 à 10 ans, suivie d'une augmentation aiguë jusqu'à 24 ans et plus. Cette constatation milite contre l'hypothèse que les post-effets de figure sont dus à une saturation permanente qui s'établit progressivement avec l'âge; cette tendance se manifesterait par une chute graduelle dans la fréquence de survenue lors du vieillissement.

Dans une autre étude, de petites corrélations, mais systématiquement négatives ont été obtenues entre l'âge et diverses mesures de susceptibilité à des post-effets à la fois visuels et synesthésiques consécutivement à differentes durées d'exposition (inspection) (Rich, 1957). Cette étude comprenait cinquante sujets s'étageant pour l'âge de 65 à 89 ans. On a trouvé que le vieillissement diminuait la susceptibilité aux post-effets et le faisait indépendamment dans les deux modalités sensorielles de la vision et du toucher. Sur la base de ces études, il apparaît que les post-effets de figure ne dérivent pas d'un unique processus sous-jacent qui est caractérisé par un effet continu et uni-directionnel.

Bien qu'il y ait des différences dans la susceptibilité aux post-effets de figure en fonction de l'âge, la grandeur de l'effet n'apparaît pas être affectée

par le viellissement. On a trouvé aucune différence entre trente enfants de 12 ans et trente-trois adultes du sexe masculin s'étageant de 16 à 60 ans, lorsque le post-effet synesthésique fut mesuré en termes de (a) la taille de l'effet, (b) la pente de la baisse de l'effet après stimulation, (c) la fréquence de survenue d'un effet opposé et (d) la bonne conformité avec la diminution de la taille comme fonction logarithmique du temps (Thurner et Seyfried, 1962). Aussi, on a trouvé aucune différence avec le sexe dans cette étude.

Des résultats négatifs en rapport avec l'âge ont été rapportés par d'autres à la fois pour des post-effets visuels et synesthésiques (Axelrod et Eisdorfer, 1962). Cette étude comprenait la comparaison d'un jeune groupe (33 hommes variant de 18 à 34 ans) et un groupe plus vieux (32 hommes allant de 60 à 76 ans). Les post-effets furent mesurés à divers intervalles jusqu'à 120 secondes consécutivement à une période d'inspection de 60 secondes. Il n'y eut pas de différences significatives dans les post-effets synesthétiques ou visuels entre les deux groupes. Ceci est contraire à l'attente, si on suppose que la susceptibilité aux post-effets de figure est directement reliée avec l'efficience du fonctionnement du système nerveux central. Les données échouent également à étayer la notion d'une personnalité générale ou d'un facteur physiologique qui pourrait sous-tendre la susceptibilité aux post-effets au travers de modalités différentes. Ni la susceptibilité à, ni le décours temporel des post-effets de figure ne semblent être affectés par le vieillissement au-delà du premier âge adulte.

5. - Audition. — *Presbyacousie.* — L'un des principaux facteurs qui conduit à l'exclusion des personnes âgées de maintes activités sociales implique les problèmes oto-laryngologiques du vieillissement. Le plus commun de ceux-ci est la presbyacousie. Dans cette condition, il y a une décroissance caractéristique dans la sensibilité de l'ouïe avec l'âge croissant que l'on peut attribuer à différentes pathologies (Schuknecht, 1964). Ces pathologies suggèrent quatre types de presbyacousie: 1) la presbyacousie sensorielle, dans laquelle il y a une atrophie épithéliale dans l'extrémité de base de l'organe de Corti, produisant une perte brutale de l'ouïe pour les sons à haute fréquence; 2) la presbyacousie nerveuse, dans laquelle il y a une perte dans la population des neurones sur les voies de transmission auditive, entraînant une certe dans la capacité à distinguer le langage; 3) la presbyacousie métabolique, dans laquelle il y a une atrophie des stries vasculaires, produisant une perte à peu près uniforme pour les sons purs, et 4) une presbyacousie mécanique, dans laquelle il y a un raidissement de la membrane basiliaire, entraînant une augmentation dans le taux de perte de l'ouïe lorsque la fréquence devient plus élevée. Chez les individus de plus de soixante-quinze ans, il y a aussi une réduction dans la population des cellules nerveuses afférentes dans le cortex cérébral qui conduit à une altération de l'ouïe et à l'incapacité à communiquer effectivement (Sataloff, 1965).

Beaucoup d'études ont été effectuées pour obtenir des seuils de sons purs pour différents groupes d'âge et pour différentes populations de sujets. Dans la majorité des cas, cependant, ces données ne peuvent pas être considérées comme représentant les effets de la presbyacousie — puisque la presbyacousie est une construction théorique qui est définie comme la perte de l'ouïe qui résulte du processus de vieillissement en tant que tel, sans troubles dus à des

facteurs étrangers. Malheureusement, il y a beaucoup de facteurs qui peuvent contribuer à la perte de l'ouïe et qui interréagissent avec les processus du vieillissement au cours de la vie d'un individu.

Deux des classes principales de facteurs étrangers qui affectent l'ouïe comprennent les maladies et l'exposition au bruit. Glorig, Summerfield et Nixon (1950) ont montré clairement que le seuil de l'ouïe en fonction de l'âge peut être contaminé par l'exposition au bruit. Semblablement, des études sur les effets de l'exposition au bruit sur l'ouïe peuvent être contaminés par la présence d'autres facteurs incontrôlés. Par exemple, Rosen *et al.* (1962) a montré que les sujets âgés de la tribu des Mabaan dans la zone relativement exempte de bruit de la République du Soudan avaient une meilleure ouïe pour les fréquences élevées que les sujets dans d'autres études de ce type. Il y a tellement de différences culturelles et biologiques, cependant, entre la tribu des Mabaan et les individus dans la civilisation occidentale que toute conclusion que la meilleure ouïe du Mabaan est due à l'absence de bruit doit être considérée comme spéculative; la différence pourrait être due à des facteurs génétiques, à l'absence d'hypertension et de maladie coronarienne, l'emploi de régimes exempts de graisses, ou d'autres facteurs non spécifiés.

Récemment, la détermination des valeurs de presbyacousie a été obtenue en combinant les données de huit publications différentes (Spoor, 1967). Etaient comprises les études suivantes: Johansen (1943), Beasley (1938), rapport ASA Z. 24-X-2 (1954), Glorig *et al* (1957), Jatho et Heck (1959), Hinchcliffe (1959), Glorig (1962), et Corso (1963). Afin de combiner les données des divers études, les résultats ont été transformés afin de représenter la perte d'ouïe (niveau d'ouïe) pour les différents groupes d'âge en référence au groupe d'âge de vingt-cinq ans (ou vingt et un ans et demi) dans chaque recherche. On a trouvé que les courbes montrant la perte moyenne d'ouïe (niveau moyen d'ouïe: MHL) en fonction de l'âge, avec la fréquence comme paramètre de 250 à 8.000 Hz pourraient être satisfaites par la fonction générale:

$$\log (\mathrm{MHL} + \mathrm{C}) = \mathrm{b} \log (\mathrm{Age}) - \mathrm{a}.$$

Cette équation indique que la perte de l'ouïe (niveau d'ouïe) croît exponentiellement en fonction de l'âge, en partant de l'âge de zéro année.

Les valeurs de presbyacousie obtenues à partir de ces études combinées sont montrées graphiquement dans la Figure 2 pour les hommes et dans la Figure 3 pour les femmes. Les courbes indiquent que pour les fréquences jusqu'à 1000 Hz, l'augmentation du niveau de l'ouïe est moins de 5 db jusqu'à 50 ans et, sans égard pour l'âge et le sexe, est presque indépendant de la fréquence. Pour des fréquences au-dessus de 1000 Hz, le niveau de l'ouïe croît avec la fréquence pour tous les groupes d'âge, sauf 8000 Hz pour les groupes d'âge plus jeunes. Pour les âges jusqu'à 50 ans, le niveau le plus élevé d'ouïe est obtenu à 4000 et 6000 Hz; au -dessus de cet âge, le niveau le plus élevé est à 8000 Hz. Egalement, avec le vieillissement les courbes commencent à s'effondrer aux fréquences de plus en plus basses.

En général, ainsi que rapporté antérieurement (Corso, 1963), le niveau d'ouïe pour les hommes est plus élevé que pour les femmes, l'âge étant maintenu constant, pour 2000 Hz et plus. A 1000 Hz et au-dessous, le niveau d'ouïe des femmes est, en général, légèrement plus élevé que pour les hommes. Un certain nombre d'autres études ont également montré que l'ouïe des femmes est meilleure que celle des hommes, au moins pour certains groupes d'âge et

de fréquences. Encore que cette différence puisse être due à divers facteurs biologiques, il est probablement plus vraisemblable que cette différence dans la capacité à entendre soit due à la différence dans le taux et les sortes d'exposition au bruit auxquels les hommes et les femmes sont exposés.

Les données dans les Figures 2 et 3 ont une signification pratique considérable. Etant donné que ces courbes représentent les effets du vieillissement « purs » ou « normaux », ils ne peuvent pas être utilisés comme ligne de base contre laquelle les effets de la perte d'ouïe induite par le bruit puisse être estimée (Corso, 1963). Pour l'évaluation des audiogrammes des travailleurs de l'industrie, il est nécessaire d'avoir une série de données normatives pour les gens non exposés au bruit de différents âges. En comparant l'audiogramme d'un travailleur donné avec la courbe appropriée pour la presbyacousie en termes d'âge et de sexe, les effets « normaux » du vieillissement peuvent être pris en considération, fournissant ainsi une estimation du taux de perte attribuable à l'exposition au bruit. Cela suppose, naturellement, que les effets d'autres facteurs tels que la maladie, les drogues toxiques, etc., ont été exclus du compte — et que les effets de l'exposition au bruit et du vieillissement sont additifs. On doit indiquer, cependant, que l'estimation de la compensation pour la perte d'ouie induite par le bruit est une affaire complexe; elle implique beaucoup de décisions au-delà de celles associées à la déduction proprement dite pour la presbyacousie et d'autres causes non-industrielles de troubles de l'ouie (Dickson, 1967).

Distinction de la parole. — Bien que les effets de la presbyacousie soient habituellement mesurés en termes de seuils absolus élevés pour les sons purs, le terme de « perte de l'ouie » sous cet angle a une signification complexe. Il implique plus qu'une augmentation dans le niveau de pression sonore au seuil. La difficulté dans la presbyacousie n'est pas seulement l'incapacité de l'individu à entendre aussi bien qu'un adulte jeune, mais son échec à entendre ce qui l'on est entrain de dire.

Il est maintenant bien établi que dans la presbyacousie l'intelligibilité du discours est sérieusement affectée, de plus, la distinction de la parole chez les plus vieux individus est plus faible que l'on pourrait l'attendre sur la base des audiogrammes de sons purs ou des seuils de réception du langage. Dans une étude (Pestalozza et Shore, 1955), la perte de distinction de la parole fut déterminée dans un groupe de patients âgés et comparée avec celui d'un groupe plus jeune, avec le groupe le plus jeune ayant un type de perte dans l'ouie perceptive semblable à celui pour la presbyacousie. Les résultats ont montré que, avec un taux donné de perte de l'ouie, la distinction était de 9 à 20 pour cent meilleure dans le groupe le plus jeune, ainsi que mesurée par des listes de mots phonétiquement équilibrés. Egalement, on a trouvé que pour le matériel de langage plus facile (p. ex. les spondées), la perte de discrimination pour le groupe le plus jeune pouvait être prédit à partir des audiogrammes de sons purs; mais, pour le groupe le plus vieux, la perte était plus grande que celle prédite à partir des audiogrammes.

La perception réduite du langage chez les individus âgés semble être due, en partie, à l'augmentation dans le temps requis pour élaborer le message (information) dans les centres supérieurs auditifs. L'ampleur de cet effet a été étudiée en présentant aux sujets un discours accéléré, à savoir, une augmentation dans le nombre de mots par minute. Pour les sujets jeunes, il est pos-

sible de compenser l'abaissement de la discrimination dû au langage accéléré, en augmentant légèrement l'intensité. L'effet égalisateur n'est pas possible chez les individus âgés. Chez les sujets de plus de 70 ans, en peut obtenir 100 pour cent d'intelligibilité pour des vitesses de débit normales (140 mots/min), si l'intensité est assez élevée; mais, pour le discours accéléré (350 mots/min), l'intelligibilité n'excède pas 45%, indifféremment de l'intensité (Calearo et Lazzaroni, 1957). Puisque la presbyacousie implique une perte dans l'ouie pour les sons aiguës, on rencontre des difficultés à distinguer entre les consonnes qui ont des composantes à haute fréquence dans leurs structures acoustiques, p.ex., s, z, t, f, et g. Egalement, les consonnes, contrairement aux voyelles, ne charrient pas une grande puissance acoustique. Ces deux facteurs produisent une situation, ainsi que déjà indiqué, dans laquelle une personne âgée trouve difficile de distinguer entre des mots phonétiquement semblables; ceci, à son tour, affecte sa faculté à suivre le sens d'une conversation particulière. Le problème empire dans un environnement bruyant, puisque le bruit tend à masquer les sons les plus faibles du langage (consonnes).

Dans de telles circonstances, l'intelligibilité peut être améliorée par une conversation face à face dans laquelle il y a un discours distinct à une vitesse normale et à un niveau modéré d'intensité. Si les sons du langage sont portés à des niveaux très élevés, l'intelligibilité est réduite plutôt qu'accrue (Calearo et Lazzaroni, 1957). C'est pourquoi, tandis que l'emploi d'un sonotone peut, dans certains cas, être justifié, un individu avec une presbyacousie marquée est souvent incapable de supporter l'amplification fournie par de tels engins. L'incapacité de l'individu à distinguer parmi les sons du langage ne peut être remédiée seulement sur la base de l'amplification (Pestalozza et Shore, 1955). Néanmoins, l'emploi d'un sonotone peut être d'un grand secours, pourvu qu'un programme approprié d'éducation auditive intensive dans la discrimination des sons du langage soit mise en oeuvre en même temps. Une sélection soigneuse du système et du support psychologique de la personne âgée, particulièrement dans les quelques premiers mois, sont des mesures utiles que l'on peut prendre pour réduire l'insatisfaction habituellement exprimée par les patients portant ces appareils.

Distinction du ton. — Le seuil de différenciation par chaque oreille pour le ton a été déterminé pour une population non sélectionnée et non clinique (König, 1957). Des données ont été obtenues pour différentes fréquences à un niveau de sensation de 40 db, c.-à-d., 40 db au-dessus du seuil absolu. Pour les sujets dans le groupe d'âge de 25 à 55 ans, le seuil de différence absolue dans les cycles par seconde est deux ou trois fois la valeur à 25 ans. Il demeure la question, toutefois, de savoir si cette différence est due au processus de vieillissement *en soi*, ou si au moins en partie il reflète le fait que le seuil d'audibilité est augmenté avec l'âge.

6. - Gustation. — *Sensibilité au goût.* — L'influence du vieillissement sur les seuils pour les qualités de base du goût sucré, salé, amer et acide a été étudiée par plusieurs chercheurs. Dans une étude de Bourlière, Cendron et Rapaport (1958), les seuils de perception et les seuils de reconnaissance ont été déterminés pour les substances sucrées et salées chez quatre-vingt une personnes en bonne santé, des deux sexes, s'étalant pour l'âge de 20 à 93 ans.

Le seuil de perception a été défini comme la concentration requise pour que l'on juge une solution comme différente de l'eau pure, sans produire une qualité de test définie; le seuil de reconnaissance a été défini comme la plus faible concentration requise pour que la solution produise une qualité de goût spécifique. On a trouvé que pour les substances sucrées les deux seuils étaient beaucoup plus élevés chez les vieux sujets que chez les jeunes, sans égard pour le sexe.

Pour les substances salées, le seuil de perception demeura à peu près constant pour les femmes de 20 à 93 ans; mais, pour les hommes, le seuil était élevé en fonction de l'âge. Egalement, le seuil de reconnaissance chez les hommes était beaucoup plus élevé que chez les femmes à tous les âges. Ces changements dans les seuils de gustation dans l'âge avancé furent trouvés être indépendants de l'utilisation de prothèses dentaires.

Dans une étude plus étendue (Cooper, Bilash et Zubek, 1959), cent sujets d'âges s'étalant de 15 à 89 ans furent éprouvés avec quatre substances: saccharose (sucré), chlorure de sodium (salé), acide chlorhydrique (acide), et sulfate de quinine (amer). La méthode des petites prises fut utilisée pour déterminer un seuil de différence et un seuil de goût pour chaque substance. Des concentrations différentes de chaque substance furent préparées en utilisant de l'eau distillée.

Le seuil de différence pour une substance donnée a été défini comme la concentration de la solution qui fut indiquée comme ayant un goût juste différent à la limite de l'eau distillée. Le seuil de gustation a été défini comme la plus faible concentration de la solution qui produisait une qualité de goût définie. Chaque sujets reçut trois échantillons de chacun de quatre stimuli et le procédé pour chaque essai fut d'augmenter graduellement la concentration de la solution jusqu'à ce que le seuil de différence et puis le seuil de goût soient déterminés. Les résultats ont révélé que « la sensibilité au goût est à peu près constante et inaltérée jusque vers la cinquantaine avancée, après quoi elle montre une chute abrupte ». Le cours du développement et du déclin dans la sensibilité fut essentiellement le même pour les quatre qualités de goût spécifique et toutes les quatre ont montré un rapide déclin après la cinquantaine avancée. Contrairement aux résultats antérieurs de Bourlière *et al.* on a observé aucune différence avec le sexe dans cette étude et on a trouvé aucune différence dans la sensibilité au goût entre les fumeurs et les non-fumeurs.

Les quatre qualités de goût spécifique ont aussi été étudiées par Byrd et Gertman (1959). Des concentrations fortes, moyennes et faibles de saccharose (sucré), chlorure de sodium (salé), acide citrique (acide) et de monochlorhydrate de quinine (amer) ont été utilisées. Deux gouttes d'une substance donnée avec une concentration particulière furent placées sur la langue tendue du sujet dans la région de plus grande sensibilité connue pour cette substance, p.ex., bout pour la douceur, et le sujet faisait un signe pour désigner la qualité du goût spécifique produite par la substance. Entre les épreuves, la bouche était rinçée avec de l'eau du robinet. Pour les concentrations faibles, la fréquence d'identification positive pour les quatre substances gustatives ne différèrent pas de manière significative entre les trois groupes d'âge éprouvés (18 à 25 ans, 60 à 70 ans, et 80 à 90 ans, avec approximativement un nombre égal de sujets mâles et femelles dans chaque groupe). Il y eut cependant une indication que la sensibilité au sel tendait à décroître dans le groupe d'âge

le plus élevé. Sauf dans ce cas, la constitution de la sensibilité est apparue comme étant essentiellement la même pour les quatre qualités de goût et on a rapporté aucune différence avec le sexe.

Sensibilité au goût et plaintes orales. — Une observation fortuite révèle que les plaintes au sujet de la nourriture se rencontrent fréquemment chez les personnes âgées. Lorsqu'on examina le tractus gastro-intestinal chez cent-deux personnes âgées, plus d'un tiers se plaignit d'aberration du goût (Cohen et Gitman, 1958). Dans une étude subséquente (Cohen et Gitman, 1959), quatre substances et concentrations furent employées « pour explorer la possibilité que la faculté de percevoir des goûts spécifiques était altérée avec l'âge et se trouvait en relation avec les griefs rapportables au goût ». Les substances étaient la saccharine (concentration 0,25%), chlorure de sodium (1,0%), l'acide acétique (5,0%) et le sulfate de quinine (0,14%). Chaque solution était badigeonnée sur les surfaces dorsale, postérieure et latérale de la langue au moyen d'un tampon de ouate et le sujet rendait compte si la solution avait un goût sucré, salé, acide ou amer.

Les résultats ont indiqué qu'il n'y avait pas de baisse significative dans la perception brute du goût avec le vieillissement. Le pourcentage d'erreur pour une qualité de goût donnée fut semblable pour tous les âges, avec l'incidence la plus élevée d'erreur se produisant pour le goût acide. Cependant, les sujets mâles ont montré une incidence statistiquement significativement plus élevée d'erreurs ce goût que les sujets femelles. De même que dans l'étude de Bourlière *et al.* il n'y eut aucune corrélation entre l'usage de dentiers et l'incidence des erreurs dans l'épreuve ou dans les plaintes gustatives.

Personne dans le groupe de contrôle (100 sujets non-institutionnalisés ayant un âge allant de 18 à 64 ans) n'exprima de plainte sur le goût, en comparaison des 33,1 pour cent d'incidence dans le groupe plus âgé (248 sujet institutionnalisés d'un âge allant de 65 à 94 ans); mais, il n'y eut aucune relation entre les plaintes d'une personne et sa capacité à reconnaître les qualités fondamentales de goût. Cette constatation tend à étayer l'affirmation de Byrd et Gertman (1959) qu'« il est hautement improbable que les plaintes relatives à la nourriture s'exprimant fréquemment chez les personnes âgées sont fondées sur des altérations sensitives du goût. Les problèmes d'ajustement à l'environnement, des attitudes envers soi, et la possibilité d'une hypogueusie doivent être considérés ».

Changements dans le système gustatif avec l'âge. — Il y a des preuves neuro-anatomiques et physiologiques qui indiquent que le vieillissement entraîne des changements structuraux de base dans le système gustatif. Ces changements sont probablement en relation dans une certaine mesure avec les changements dans la sensibilité au goût qui ont été notés dans l'âge très avancé, p.ex. après 65 ou 70 ans.

Une étude a rapporté la diminution graduelle dans le nombre des papilles gustatives avec l'âge croissant (El-Baradi et Bourne, 1951). Conformément à Allara (1939), cette modification commence chez les hommes à 50 - 60 ans et chez les femmes à 40 - 45 ans. Les papilles gustatives ne sont entièrement développées que vers l'âge de la puberté et demeurent relativement sans changement jusqu'à ce que des signes d'atrophie commencent à apparaître vers les quarante-cinq ans. On a estimé qu'autant que les deux-tiers des papilles gu-

statives deviennent atrophiées dans le vieil âge (Harris, 1952). D'autres changements, tels que la perte de l'élasticité dans la bouche et les lèvres, la diminution de l'écoulement de salive et la neutralisation du pH de la salive ont également été remarqués. Il apparaît, cependant, que ces changements neuro-anatomiques et physiologiques n'affectent pas sérieusement la sensibilité au goût jusqu'à ce que les stades avancés de l'atrophie soient atteints relativement tard dans la vie, p.ex., après soixante-dix ans.

7. - Olfaction. — Il y a de nombreuses activités quotidiennes dans lesquelles les sens de l'odorat et du goût interagissent, de sorte que la perte de la sensibilité dans l'un de ces sens peut retentir de façon marquée sur les réponses associées à l'autre. Une dysfonction du système olfactif, c'est l'anosmie. C'est l'incapacité à sentir toutes les substances de quelque nature qu'elles soient ou, dans les stades moins graves, l'incapacité à sentir une substance particulière ou un groupe de substances. Cette incapacité à sentir rend la nourriture insipide, puisque la saveur des mêts est sous la dépendance dans l'activité normale à la fois des systèmes olfactifs et gustatifs. On pourrait faire l'hypothèse, par conséquent, que les plaintes orales chez les personnes âgées pourraient bien ne pas être dues aux changements neuro-anatomiques ou physiologiques dans le système gustatif, mais à des changements qui s'effectuent dans le système olfactif.

Encore qu'une vaste série d'études expérimentales aient été accomplies sur l'olfaction, on ne possède que peu de preuves quantitatives sur la manière dont l'olfaction se modifie avec l'âge. Liss et Gomez (1958) ont observé que les changements séniles qui se produisent dans le tractus et le bulbe olfactif de l'homme sont semblables à ceux rencontrés dans le système nerveux central. Des examens post-mortem chez des personnes de soixante-dix ans et plus ont montré une atrophie généralisée avec une perte modérée des éléments neuronaux. Il n'y eut aucune évidence d'une corrélation entre la gravité des changements dégénératifs et l'âge du patient. Chez un patient de plus de 100 ans, il n'y avait qu'une faible perte de neurones. On en a conclu que dans les cas où une dégénérescence étendue des cellules et des fibres nerveuses était trouvée, la dégénérescence était secondaire à la dégénérescence des cellules sensitives (premier neurone) dans la muqueuse nasale et qu'elle n'était pas produite par des processus séniles progressifs affectant le système nerveux central entier.

Les dommages aux cellules sensitives de l'odorat pourraient être attribués à des facteurs externes d'environnement, tels que les odeurs des locaux et les agents toxiques véhiculés par l'air. Une autre question importante se réfère à la quantité de tabac utilisée comme tabac à priser ou à fumer. Un très grand nombre de recherches doivent être faites dans ce domaine, si les effets du vieillissement sur la sensibilité olfactives veulent être établis.

8. - Douleur. — *Sensibilité à la douleur.* — Encore que la douleur soit souvent regardée comme un système de secours ou d'alarme en association avec des conditions de stimulation nocives, la douleur peut servir d'autres fonctions. C'est un facteur important pour l'évaluation correcte des symptômes d'une maladie particulière et pour formuler un diagnostic correct. L'ap-

préciation de la tolérance du patient à la douleur est également considérée dans le traitement médical et le pronostic.

Ordinairement, les individus ont été classés en hyposensibles, en normalement sensibles et en hypersensibles à la douleur. Lorsque la distribution de deux cent soixante malades qui avaient consulté le bureau médical de routine fut considérée en les termes de ces trois classes, on trouva qu'aucun effet de l'âge ne pouvait être déterminé de 20 à 80 ans (Sherman, 1943). Cependant, 57,5% de quarante Indiens Micmac de la Nouvelle Ecosse et 75% des cent cinquante mineurs de fond furent classés comme hyposensibles. On pourrait interpréter cela pour signifier que des conditions de vie rigoureuses ou des conditions de travail pénibles pendant de longues périodes de temps peuvent entraîner des seuils élevés à la douleur.

Une source commune de douleur se trouve associée au travail opératoire dentaire. Une étude impliquait huit cent cinquante-sept patients, d'âges s'étageant de 3 à 80 ans, chez lesquels 2352 préparations de cavités furent effectuées en utilisant des fraises avec des pulvérisations d'air-eau sans anesthésie locale (Herzberg, 1958). Les affirmations de douleur furent moindres dans le groupe des 3 à 10 ans; un pic d'incidence de la douleur fut observé entre 10 à 15 ans et de nouveau entre 20 à 25 ans. De 25 à 50 ans, l'incidence de la douleur fut remarquablement uniforme. Il n'y eut que trop peu de données dans le groupe des 50 à 80 ans pour permettre une analyse. On ne détecta dans cette étude aucune différence avec le sexe.

Dans une étude de laboratoire (Schludermann et Zubek, 1962) cent soixante et onze sujets furent testés dans les cinq zones suivantes du corps (front, avant-bras, bras, cuisse, jambe). L'échantillonnage était homogène par rapport au sexe, à l'origine raciale et au status socio-économique. Les seuils de douleur furent déterminés à l'aide d'un dolorimètre qui concentrait les rayons d'une lampe à incandescence sur les parties du corps à éprouver. L'énergie radiante de la lumière était absorbée par un spot noir peint sur la peau et l'intensité calibrée du stimulus était 150 mcal/pouce carré-sec. Le seuil de douleur fut défini comme la durée minimum de chauffage qui était nécessaire pour provoquer la première trace de douleur.

On a trouvé qu'il y avait des différences significatives dans les groupes d'âge de 12 à 83 ans et dans l'intensité des différentes zones du corps. Egalement, il y eut une interaction significative entre l'âge et la partie du corps, à savoir des parties différentes du corps étaient plus sensibles à la douleur à différents âges.

En général, la sensibilité à la douleur demeure à peu près constante jusque vers les cinquante ans, après quoi il y a une baisse abrupte. Une baisse hautement significative se produit après 60 as. Les zones du corps plus rostrales (front, bras, avant-bras) montrent une baisse plus grande avec l'âge que les zones plus caudales (cuisse, jambe). Après quarante cinq ans, la sensibilité est faible pour le front et l'avant-bras; Le bras, la cuisse et la jambe ne révèlent une baisse significative dans la sensibilité qu'après l'âge de soixante ans. L'âge étant maintenu constant, le seuil de douleur pour un groupe socio-économique plus élevé (étudiants des lycées) fut trouvé être beaucoup plus élevé que dans le groupe expérimental principal de cette étude. Ceci indique, ainsi que le fait le travail de Sherman (1943), que le facteur socio-économique a besoin d'être contrôlé dans la mesure de la sensibilité à la douleur.

Changements dans le système de la douleur avec l'âge. — La diminution dans la sensibilité à la douleur que l'on trouve dans l'âge avancé peut être due, en partie, à certaines modifications dégénératives qui se produisent dans les récepteurs et dans le système nerveux périphérique. Ronge (1943) a rapporté une baisse dans le nombre des corpuscules de Meissner dans d'autres organes à récepteurs terminaux, dans la peau de l'index en fonction ce l'âge. Durant la quatrième et la cinquième décade, on a observé un effondrement marqué du nombre des fibres nerveuses myéliniques dans le système nerveux périphérique (Cobrin et Gardner, 1937). Il est tout à fait probable que d'autres facteurs physiologiques, tels que des changements dans l'élasticité de la peau ou dans le système circulatoire, peuvent aussi affecter la sensibilité à la douleur chez l'individu âgé.

Le travail de Sherman (1943) et de Schludermann et Zubek (1962) suggère que les différences dans les seuils de douleur entre les parties rostrales et caudales du corps peuvent être reliées au taux d'exposition aux éléments de l'environnement. Une telle exposition naturelle pourrait produire des changements dans l'élasticité et l'épaisseur de la peau sur les bras et la tête qui affecteraient normalement les mesures obtenues au moyen du dolorimètre.

9. - Toucher et Vibration. — *Sensibilité tactile.* — Les cellules réceptrices pour le sens du toucher sont localisées dans la peau et sont activées par des pressions mécaniques qui sont de grandeur suffisante pour déformer le tissu cutané. Classiquement, la stimulation a été appliquée au moyen d'un poil humain ou animal fixé à l'extrémité d'un levier léger en bois; les poils pour une expérience furent calibrés en pressant sur une partie d'une balance sensible. Après que le diamètre de chaque poil eut été mesuré à l'aide d'un microscope, la force exercée par millimètre carré fut calculée.

Les effets du vieillissement sur la sensibilité tactile ont été étudiés avec cette technique pour différentes parties du corps; la cornée de l'oeil, les bords supérieur et inférieur de l'oeil et la pointe du nez (Zobel, 1938). De 12 à 50 ans environ. Les seuils diffèrent pour les différentes parties du corps, mais s'étendent d'environ 0,6 à 2,7 grammes par millimètre carré; à l'âge de 75 ans, les seuils ont augmenté par un facteur de trois pour certaines zones corporelles, telles que la périphérie de la cornée ou la pointe du nez. L'évidence indique qu'il n'y a aucun changement appréciable dans la sensibilité tactile depuis l'âge adulte précoce jusque vers cinquante ans environ; après, il y a une augmentation plutôt marquée dans les seuils pour les différentes parties du corps.

Sensibilité vibratoire. — Lorsque les récepteurs pour la pression sont stimulés selon un schéma temporel, des sensations de vibration sont produites. Un procédé commun pour déclencher ces sensations, c'est de placer la base d'un diapason, vibrant avec une amplitude suffisante, sur quelque partie du corps. Puisque les mouvements vibratoires imprimés à la peau cheminent à de grandes distances au travers des structures cutanées et osseuses, le point de contact particulier du diapason ne peut être localisé avec précision par le sujet.

Quelques-unes des premières études sur la sensibilité vibratoire ont été critiquées par suite du manque de contrôle de la pression avec laquelle le diapason était appliqué sur la peau. De même, quelques sujets dans ces études

montraient des signes évidents de maladies neurologiques. Dans une étude clinique contrôlée (Himel et MacDonald, 1957), ces facteurs furent pris en considération et douze cent patients, se rangeant pour l'âge de 17 à 90 ans, furent éprouvés quant à leur sensibilité vibratoire. Ces patients étaient soit complètement sains, ou ne montraient pas de maladie organique impliquant le système nerveux soit directement ou indirectement, tels que le diabète ou l'alcoolisme. Le stimulus fut fourni à l'aide d'un diapason de 128 Hz qui fut appliqué sur la zone à tester. Les tests furent administrés sur l'extrémité inférieure du radius et sur la malléole interne et externe de l'articulation de la cheville. Le sujet donnait une indication verbale sur la sensation présente lorsque le diapason était appliqué et, les yeux fermés, on lui demandait de faire connaître la disparition de la sensation lorsque l'examinateur fermait ses mains sur le diapason et arrêtait la vibration.

Les résultats de cette étude ont montré que l'âge n'avait essentiellement aucun effet sur la sensibilité vibratoire jusqu'à 70 ans. Seulement dans le groupe d'âge de 80 ans et au-dessus le nombre de cas de sensibilité altérée devint vraiment significativement élevé. Dans le groupe le plus âgé, le pourcentage d'indications positives fut de 77 pour cent, comparé avec approximativement 92 pour cent dans le groupe de 70 à 79 ans et 98 pour cent dans le groupe de 60 à 69 ans. Au-dessous de 60 ans, il y eut 100 pour cent d'indications positives pour tous les groupes d'âge.

Si la fréquence de stimulation est maintenue constante, l'amplitude d'oscillation nécessaire pour produire une réponse de seuil vibratoire peut être déterminée expérimentalement. Dans une étude de Cosh (1958), les seuils de vibration furent déterminés en fonction de l'âge pour l'index de la main et le gros orteil. Le stimulus fut appliqué par la pointe d'une tête de pick up de phonographe; ceci permit de maintenir constante la fréquence de vibration à 100 Hz, alors que l'amplitude de vibration fut variée pour les mesures de seuils. On a trouvé que la sensibilité vibratoire était constante à environ 5 microns pour l'index de 5 à 75 ans environ; mais, pour le gros orteil, le seuil augmentait (sensibilité abaissée) comme une fonction d'accélération positive d'environ 5 microns à 52 sur le même intervalle d'âges.

Cette étude révèle que le vieillissement a un effet différentiel sur la sensibilité vibratoire de différentes parties du corps. Une même constatation a été faite dans le travail de Howell (1949). Pour cent quatre-vingt six sujets de 65 ans et au-dessus, un plus grand pourcentage rapporta des sensations vibratoires pour les poignets (99%), les coudes (98,5%) et les épaules (94%) que pour les chevilles (77,5%), le devant de la jambe (73,5%), les genoux (54%) ou le sacrum (15%). Ainsi, le vieillissement semble affecter les jambes plus que les extrémités supérieures; les mains retiennent leur sensibilité au toucher et à la vibration plus longtemps que les pieds.

10. - Quelques Données sur les Fonctions de Perception. — Le matériel qui a été présenté jusqu'à ce point a été concerné, pour la plus grande partie, par les fonctions sensorielles fondamentales impliquant le concept de seuil. Ces fonctions sont considérées comme liées aux activités des organes récepteurs et à leurs voies nerveuses afférentes associées; elles sont contrôlées par les facteurs ambiants. A un autre niveau conceptuel d'analyse, il est possible de considérer ces fonctions qui impliquent des processus de perception.

De telles fonctions sont supposées comprendre un processus central de transmission et elles peuvent être affectées par des variables autres que celles du stimulus physique; ces variables sont classées comme de motivation, clinique ou personnelle. Encore qu'il n'y ait aucune différence dans les opérations fondamentales d'une expérience qui puisse former la base d'une distinction claire entre la discrimination sensorielle et la discrimination perceptive (Corso, 1967b), il est convenable ici de passer en revue certaines études qui peuvent être réputées receler des jugements perceptifs.

Cette section est destinée à être suggestive, non définitive. Elle est offerte comme une introduction à la littérature psychologique s'occupant des effets de l'âge sur la perception. Egalement, elle va servir de matériel de fond pour la prochaine section de cet article qui est concernée par les implications sur le comportement lors du vieillissement des systèmes sensoriels de l'homme. Fondamentalement, les études choisies sur la perception vont montrer les effets du vieillissement dans des situations qui simulent plus étroitement les circonstances de chaque jour.

Vision. — Il y a un nombre croissant d'études qui indiquent des changements marqués dans la perception visuelle dans un âge avancé. Ces études suggèrent que les vieilles personnes tendent à adhérer plus rigidement à la perception initiale d'une situation de stimulus donnée et sont soit résistantes à, ou incapables de, réorganiser cette perception. Il n'est pas clair, toutefois, si ce phénomène est dû, au moins en partie, à la décroissance de la capacité visuelle pour distinguer entre les éléments de la configuration du stimulus, ou s'il reflète quelque aspect de la rigidité cognitive qui peut exister comme une caractéristique séparée de la personnalité du sujet, indépendante de la variable de l'âge. Quelques exemples d'études perceptives vont être fournis pour illustrer ce phénomène.

Une étude fut directement concernée par la capacité à réorganiser des perceptions visuelles préalables (Botwinick, Robbin et Brinley, 1959). On présenta à deux groupes de sujets une figure ambiguë qui pouvait être perçue soit comme une jeune dame ou comme une vieille femme. Si l'une ou l'autre perception était rapportée dans les 90 secondes, on informait le sujet qu'une « autre image » pouvait être vue et on lui demandait quelle elle pouvait être. Si l'autre figure n'était pas décelée dans les 90 secondes, on montrait les traits de cette figure au sujet. On représentait alors la figure anbiguë pendant 90 secondes et on demandait au sujet de rapporter ce qu'il voyait. Dans le groupe le plus jeune (19 à 34 ans), vingt-quatre sur vingt-neuf sujets furent capables de réorganiser la perception initiale après qu'on leur eut montré la figure alternative appropriée non ambiguë, mais seulement huit sur trente-quatre sujets dans le groupe le plus âgé (65 à 81 ans) furent aptes à le faire. La majorité dans le groupe le plus âgé ne vit qu'une figure et retint la perception primitive; ceux dans ce groupe qui furent capables de réorganiser la perception tendaient à avoir un niveau d'éducation supérieur.

Heath et Orbach (1963) étudièrent la réversibilité du cube de Necker dans trente et un sujets de 69 à 90 ans. Cette illusion visuelle est le dessin esquissé d'un cube qui, lorsqu'il est fixé pendant une courte période de temps, tend à être vu dans une perspective renversée. Dans cette expérience, on présenta le cube pour une inspection visuelle pendant deux périodes de une minute séparées par un intervalle de 30 secondes. Seulement six sur les trente et un

sujets furent capables de rapporter des corrolaires reproductibles du cube. Pour quatre des six, la fréquence d'inversion se trouva au-dessous de celle des jeunes adultes normaux et fut comparable à celle des sujets avec une lésion du lobe frontal. Il apparaît, par conséquent, que les personnes mûres sont incapables des glissements perceptifs qui sont typiques pour les individus sains les plus jeunes.

Un effet quelque peu semblable a été obtenu avec le phénomène de rivalité rétinienne (Jalavisto, 1964). Ce phénomène se réfère à l'oscillation entre la dominance des images rétiniennes droite et gauche lorsque deux figures différentes, mais aisément distinguables sont examinées au stéréoscope. Dans ce cas, les figures étaient un carré rouge et un vert. Cent trente femmes d'âges oscillant entre 40 et 93 ans, furent éprouvées pour déterminer la fréquence d'oscillation, c.-à-d. le nombre de changements dans la couleur qui se produisaient durant une période d'exposition de une minute. Une diminution sensiblement régulière dans l'oscillation fut trouvée avec l'âge, avec un manque total de changement devenant prédominant dans les classes de plus grand âge. Puisque le mécanisme physiologique du phénomène de compétition rétinienne est inconnu, aucune hypothèse concernant la signification des changements dus à l'âge ne fut postulée.

Dans une autre étude, la difficulté à séparer des données spatialement contiguës fut mesurée chez scixante-six sujets divisés en six groupes d'âge de 20 à plus de 70 ans (Clay, 1956). Lorsque l'on demanda aux sujets de fournir des totaux en lignes et en colonnes pour une matrice de cinq par cinq avec un nombre simple dans chaque cellule, il n'y eut aucune différence pour les six groupes d'âge. Cependant, lorsque les cellules étaient divisées en deux par une ligne diagonale et qu'un nombre séparé était placé dans chaque moitié de la cellule de sorte que le nombre du haut soit une entrée la ligne et le nombre du bas une entrée de colonne, il y eut une baisse significative dans la justesse des totaux en lignes et de colonnes en fonction de l'âge. Le groupe le plus vieux montra également une augmentation dans le temps nécessaire pour terminer la tâche et dans le nombre de sujets qui échouèrent à accomplir la tâche. Ainsi, dans une situation pratique avec un développement systématique, on doit s'attendre à ce que les personnes les plus vieilles puissent organiser et travailler avec un grand nombre d'éléments aussi bien que les personnes plus jeunes, pourvu que la disposition soit conçue de manière à garder des articles apparentés spatialement distincts d'un autre matériel qui est semblable, mais sans relation avec la tâche spécifique.

Wapner, Werner et Comalli (1960) ont exploré le problème de changements dans la perception des relations de partie à entier chez cent hommes entre 20 et 80 ans. Une tâche comprenait l'illusion de Müller-Lyer (pointe de flèche et plumes). Les résultats ont montré que, en général, la susceptibilité à l'illusion était sensiblement constante entre 20 à 23 ans; au-delà de 39 ans, il y avait une augmentation dans l'effet d'illusion qui était le plus prononcé pour le groupe de 40 à 44 ans. L'interprétation de ces constatations fut qu'« une plus grande globalité » de perception se rencontrait à la fois chez les groupes vieux et jeunes, en comparaison du groupe d'âge moyen; ceci implique que pour les groupes vieux et jeunes il y avait moins d'articulation des parties avec le tout dans la tâche perceptive qui était imposée.

Dans l'étude finale qu'il faut citer (Axelrod et Cohen, 1961), des adultes jeunes et sénescents furent testés sur la tâche de la figure cachée visuelle et

de la figure cachée tactile. Pour chaque tâche, on familiarisait les sujets avec une figure particulière et on leur demandait alors de localiser la figure-test lorsqu'elle était enrobée dans une configuration complexe. Le critère de performance, c'était le temps requis pour accomplir la tâche. Les résultats révélèrent que la performance pour les deux tâches de figures enrobées était significativement plus pauvre dans le groupe aîné. On ne pouvait pas attribuer cette différence de performance à des différences dans l'intelligence non plus qu'à des seuils tactiles élevés dans le groupe des aînés.

Audition. — Dans une série d'expériences de laboratoire (Weiss, 1963), les changements dus à l'âge dans les processus auditifs ont été étudiés en utilisant quinze jeunes volontaires de sexe masculin en bonne santé et quarante-sept volontaires du sexe masculin de plus de 65 ans. Ce dernier groupe fut subdivisé en un groupe de vingt-sept hommes cliniquement sains et de vingt hommes avec des maladies asymptotiques ou subcliniques. Une expérience exigeait des sujets de distinguer entre deux déclics et un déclic présenté dioticalement (même stimulus aux deux oreilles) à 30 db au-dessus du seuil. Il fut trouvé que le seuil de discrimination temporel pour les jeunes sujets ne différait pas de celui des sujets âgés en bonne santé (1,80 et 1,72 msec, respectivement, entre les déclics), alors que les sujets âgés en moins bonne santé avait un seuil accru (3,20 msec). Lorsqu'on demanda aux sujets de rapporter le nombre de pulsations qui étaient entendues dans un intervalle de temps donné, tous les sujets virent leur performance baisser lorsque le nombre de stimuli et la vitesse de présentation étaient augmentés, mais les sujets les plus vieux montrèrent cette baisse à un degré plus grand que les jeunes.

Dans une autre situation, on demanda aux sujets de répéter une série de nombres présentés dioticalement et puis, dichotiquement (nombre différent à chaque oreille simultanément). Pour la présentation diotique, les jeunes sujets avaient un intervalle de mémoire en avance de sept chiffres environ, alors que les vieux avaient un intervalle d'environ six chiffres. Pour la présentation dichotique, les jeunes sujets avaient un intervalle de deux à trois chiffres, en fonction de la vitesse de présentation, alors que les vieux avaient un intervalle de un à deux. Les sujets vieux en bonne santé firent mieux que les autres sujets âgés.

La conclusion de ces études et d'autres études dans la même série ce fut que le vieillissement produit bien des différences dans les processus auditifs. Si, ainsi qu'on l'a défini dans ce travail, la discrimination temporelle est prise comme mesure de la fonction sensorielle et que le jugement de la pluralité est pris comme processus perceptif, alors l'âge affecte à la fois la sensation auditive et la perception; cependant, ces changements avec l'âge ne sont pas nécessairement reliés.

Une expérimentation plus récente a également montré qu'une différence existe dans la rétention auditive à court-terme entre les sujets jeunes (19 à 31 ans) et les sujets âgés (45 à 60 ans) (Griew et Davies, 1962). Les sujets écoutaient un enregistrement sur bande magnétique d'une série de chiffres présentés à la vitesse de un par seconde pendant 40 minutes. La tâche des sujets était d'enregistrer la survenue de toute série de trois chiffres consécutifs impairs en les notant sur une feuille de papier. Le nombre moyen de chiffres correctement rapportés par le groupe jeune (25,90) était significativement plus élevé que celui pour le groupe âgé (19,50). Comme les deux groupes ne

différaient pas sur deux autres tâches auditives, les résultats furent interprétés comme suggérant que la différence dans la performance était due à la charge additionnelle de la rétention à court-terme qui ne pouvait pas être effectivement traitée par le groupe âgé.

11. - Quelques Considerations Theoriques. — Dans les sections précédentes de cet article, on a montré que le processus de vieillissement est, en général, un processus de déclinement de la capacité dans les fonctions sensorielles et perceptives de l'homme. Certains de ces processus montrent une baisse graduelle depuis le premier âge adulte tout au long de la maturité suivie par une chute marquée dans la période sénescente de la soixantaine et des soixante-dix ans. D'autres fonctions demeurent à peu près normales et constantes au cours de l'âge adulte et commencent par montrer des débuts d'altération dans la cinquantaine avancée. Alors que ces effets du vieillissement ont été bien établies, les explications théoriques de ces effets varient dans une mesure considérable. Certains de ceux-ci ont déjà été considérés dans des sections préalables de cet article. En ce point, quelques théories et hypothèses additionnelles vont être mentionnées pour donner une certaine perspective de l'étendue des explications qui ont été offertes dans ce domaine.

Brebner (1962) a trouvé que les sujets âgés (65 à 88 ans) commettaient des erreurs significativement plus grandes que les sujets jeunes (20 à 27 ans) dans l'estimation des longueurs de lignes allant de 1,6 pouces à 2,5 pouces. Cependant, les deux groupes ne différaient pas de façon marquée dans leur capacité à trier un paquet de cartes contenant des lignes de longueur différente en une quantité de paquets plus petits avec des lignes d'égale longueur. On a postulé que dans les estimations des longueurs des lignes, « quelque effet central « masquant » agit pour réduire les différences relatives entre les signaux pour les sujets âgés. Un tel « masquage » pourrait être produit en augmentant le niveau du « brait de fond », ou dû à d'autres changements neuro-physiologiques, tels que la réduction des unités cellulaires dans le cortex avec l'âge ».

Fietel (1957) a obtenu des données qui montrent qu'un groupe de personnes âgées institutionnalisées, dans la soixantaine, sous-estimaient de manière significative les intervalles de temps (30, 60, 180 et 300 sec) en comparaison d'un groupe jeune dans la vingtaine. On a suggéré que la perspective plus positive sur l'avenir pour le groupe le plus jeune pourrait avoir produit une plus grande précision dans les estimations de temps que la triste perspective du groupe le plus âgé. On en inféra que « les personnes les plus âgées avec une auto-projection légitime dans l'avenir tendent à avoir un sens plus correct du temps objectif, ce qui peut accroître la probabilité d'un meilleur ajustement ».

Dans une étude sur la perception de la profondeur (Hoffman, Price, Garrett et Rothstein, 1959), on a trouvé qu'il n'y avait aucune différence entre les sujets âgés normaux (60 à 69 ans) et les sujets âgés avec des lésions cervicales (61 à 70 ans), mais que les deux groupes accomplissaient significativement moins que les jeunes sujets normaux (23 à 38 ans). La tâche était semblable à celle de l'appareil de Howard-Dolman, exigeant l'alignement visuel de deux barres verticales. Les auteurs en conclurent que la faculté de juger de la profondeur est primairement de nature perceptive, avec la composante motrice du procédé d'alignement ne possédant qu'une importance mineure. On a d'autre part confirmé que la « perception de la profondeur est influencée par l'âge plutôt que par des lésions cervicales *en soi* ».

Griew et Lynn (1960) et Griew, Fellows et Howes (1963) ont avancé l'hypothèse que le concept de Hullian de « l'inhibition réactive » pouvait être particulièrement utile pour interpréter les changements dus à l'âge dans la performance. La notion fondamentale c'est que l'inhibition réactive est engendrée plus rapidement et dissipée plus lentement lorsque l'âge croît. Dans les deux études, les sujets fixaient sur le centre d'un Plateau rotatif une spirale, dessinée en noir sur un carton blanc, pendant un laps spécifique de temps. A la suite de cette exposition, les sujets rapportaient le moment où le post-effet de la rotation opposée ne s'observait plus. Pour les sujets les plus jeunes (18 à 25 ans), la durée moyenne du post-effet fut déterminée comme étant une fonction logarithmique de la durée du stimulus; pour les sujets les plus âgés (60 à 81 ans), la fonction était exponentielle. On en conclut que « l'inhibition réactive s'engendre plus rapidement dans les organismes les plus vieux que dans les jeunes ». Ainsi, des constructions telles que « inhibition réactive » et « satiété » pourraient de façon utile être employées pour expliquer les changements dus à l'âge dans les performances humaines.

Dans une étude extensive (Clark, 1960), vingt-cinq variables furent étudiées chez dix hommes et dix femmes dans chaque décade de 20 à 70 ans. Les variables comprenaient l'âge, le sexe, la capacité spatiale, le raisonnement, les préférences de lecture, la sensibilité au niveau d'aspiration, la comparaison de lettres, la rapidité, l'agressivité critique, la précision, les associations, les ressouvenances émotives, les ressouvenances immédiates, l'attitude à l'égard de la religion, la pression sanguine systolique, l'attitude envers le vieil âge, la force manuelle, le temps de réaction, le seuil auditif, l'accomodation cristalline, la latence dans l'association des mots, la crainte de la mort, les erreurs de confusion, le temps de perplexité, le statut socio-économique, et l'anomie. Au moyen de l'analyse factorielle de la matrice de corrélation de 25 par 25, un unique facteur général agissant fut obtenu, lequel avait un pouvoir de charge de 19 sur les 25 mesures et rendait compte de presque l'ensemble de la variance due à l'âge. Il ne fut pas possible de réduire ce facteur général en d'autres composantes. Il en fut conclu que « le vieillissement se produit le long d'une dimension unique, mesurée au mieux par la pression sanguine (systolique), l'accommodation visuelle (point de vision rapproché), et seuil sonore (3000 Hz) et moins bien par les tests d'habileté et de vitesse ».

On peut voir de la nature des explications précédentes qu'aucun hypothèse unique ou théorie n'a été formulée qui embrasse la diversité des résultats expérimentaux qui ont été obtenus dans l'étude psychologique du vieillissement. Le travail de Clark, cependant, est d'une signification particulière; il suggère fortement que les altérations sensorielles (accomodation du cristallin et seuil auditif) jouent un rôle primaire dans le processus de vieillissement. Cela tend à confirmer beaucoup des études qui ont été résumées dans cet article. Ainsi, il apparaît que les explications théoriques des changements de comportement chez l'individu âgé doivent, à un certain niveau d'analyse, considérer les sens humains et leur faculté à élaborer les informations qui sont engendrées par l'environnement physique et social.

12. - Implications du Vieillissement des Sens Humains. — On doit s'attendre à ce que les changements sensoriels et perceptifs précédents qui se produisent chez les personnes âgées soient d'une importance considérable sous

le rapport de leurs activités quotidiennes. L'efficience du comportement des individus les plus âgés dans les environnements de leur travail et de leur foyer doit de diverses façons être altérée au cours des années. On a suggéré (Welford, 1958) que les effets majeurs du vieillissement doivent être observés dans les tâches qui requièrent la réception et l'organisation des données sensorielles afférentes. Les résultats des études citées dans cet article ont indiqué la nature de certains de ces effets et la mesure dans laquelle le comportement est affecté par le processus de vieillissement.

Encore que l'on ait obtenu fréquemment des différences significatives entre les personnes jeunes et âgées, on ne doit pas supposer que toutes ces différences revêtent nécessairement des conséquences pratiques. Un seuil sensoriel élevé, par exemple, peut ou peut ne pas être important dans une situation donnée de travail, en fonction des exigences particulières du travail. Dans d'autres circonstances, une faible sensibilité pourrait entraîner des difficultés pour des personnes âgées, comme dans la conduite de nuit. La perte de la sensibilité visuelle, la sensibilité accrue à l'éblouissement, et la réduction du champ visuel (Burg, 1968) présentent de sérieux obstacles au comportement effectif du conducteur. Puisque l'on sait que les fonctions sensorielles et perceptives tendent à se détériorer avec l'âge, on ne doit pas exiger des gens âgés qu'ils accomplissent des activités journalières dans des conditions ambiantes qui ont été établies ou prescrites pour de jeunes adultes normaux. Il faut, autant que possible, compenser les déficits du vieillissement, en modifiant les conditions afin de répondre aux besoins des vieilles personnes - telles qu'en maintenant un éclairage ambiant plus fort, en fournissant des signes élargis de haut contraste, en réduisant le niveau du fond sonore, en simplifiant les messages auditifs et les présentations visuelles, en réclamant moins de transferts d'attention dans une tâche active.

Une différence dans le comportement des individus vieux et jeunes qui n'a pas été couverte dans cet article, c'est la rapidité d'exécution. En général, les personnes âgées sont plus lentes à répondre dans la plupart des conditions de stimulation. Cet effet pourrait être dû au temps accru nécessaire pour obtenir une distinction positive du stimulus, pour autant que les récepteurs des individus les plus vieux transmettent moins d'informations par unité de temps au système nerveux central, ou bien il pourrait indiquer que la personne âgée est plus prudente et désire examiner le stimulus pendant une période de temps plus longue avant de répondre. Peut-être les deux facteurs sont-ils à l'oeuvre à un certain degré. Ainsi, lorsque les faits d'une alimentation sensorielle réduite sont couplés avec ceux d'une vitesse diminuée de réponse, l'attente se trouve renforcée que le comportement de l'homme va être affecté de manière hostile dans l'avancement de l'âge. La combinaison de ces facteurs suggère que l'exécution va devenir plus faible et que le niveau d'activité générale des personnes âgées sera réduit.

Les résultats de plusieurs études ont montré clairement qu'avec l'âge il y avait une diminution graduelle dans le nombre des éléments récepteurs et des fibres nerveuses associées qui sont disponibles pour la transmission des réponses dans une modalité sensorielle donnée. Heureusement, les changements qui interviennent dans les fonctions sensorielles et perceptives dus au vieillissement ne sont pas entièrement sous la dépendance de considérations anatomiques. Les données sensorielles doivent être organisées et interprétées dans le cerveau ; l'évidence indique que l'intelligence et le niveau d'éducation peuvent,

dans une mesure réduite, compenser les effets destructeurs de l'âge. La détérioration des systèmes sensoriels *en soi* n'impose probablement pas une limitation grave au comportement de l'homme jusque vers environ la septième décade. Jusqu'à ce temps, d'autres facteurs tels que des traumatismes professionnels, des lésions de la personne, des maladies, et des indispositions mineures accumulées peuvent jouer un rôle plus important dans la production de changements dans le comportement que les effets intrinsèques de processus de vieillissement.

Cortland, State University of New York, Department of Psychology.

J. F. CORSO

(Traduit par B. Bizzini - Neuilly-sur-Seine)

BIBLIOGRAPHIE

[1] ALLARA E. - *Ricerche nell'organo del gusto dell'uomo.* 1. *La struttura delle papille gustative nelle varie età della vita.* Arch. ital. anat. e embriol., 1939, 42, 406-564.

[2] AMERICAN STANDARDS ASSOCIATION. - Exploratory Subcommittee Report, Z-24-X-2: *The Relation of Hearing Loss to Noise Exposure.* New York: American Standards Association, Inc., 1954.

[3] AXELROD S. and COHEN L. D. - *Senescence and embedded-figure performance in vision and touch.* Percept. mot. Skills, 1961, 12, 283-288.

[4] AXELROD S. and EISDORFER C. - *Senescence and figural after-effects in two modalities.* J. genet. Psychol., 1962, 100, 85-91.

[5] BEASLEY W. C. - National Health Survey (1935-1936) Preliminary Reports, Hearing Study Series, Bulletins 1-7. Washington, D.C.: U.S. Public Health Service, 1938.

[6] BIRREN J. E. - *The Psychology of Aging.* Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1964.

[7] BIRREN J. E., CASPERSON R. C. and BOTWINICK J. - *Age changes in pupil size.* J. Geront., 1950, 5, 216-221.

[8] BIRREN J. E. and SHOCK N. W. - *Age changes in rate and level of visual dark adaptation.* J. appl. Physiol., 1950, 2, 407-411.

[9] BOTWINICK J., ROBBIN J. S. and BRINLEY J. F. - *Reorganization of perception with age.* J. Gerontol., 1959, 14, 85-88.

[10] BOULIÈRE F., CENDRON H. et RAPAPORT A. - *Modification avec l'age des seuils gustatifs de perception et de reconnaissance aux saveurs salée et sucrée, chez l'homme.* Gerontologia, 1958, 2, 104-112.

[11] BREBNER J. - *The effect of age on judgments of length.* J. Gerontol., 1962, 17, 91-94.

[12] BURG A. - *Lateral visual field as related to age and sex.* J. appl. Psychol., 1968, 52, 10-15.

[13] BYRD E. and GERTMAN S. - *Taste and sensitivity in aging persons.* Geriatrics, 1959, 14, 381-384.

[14] CALEARO C. and LAZZARONI A. - *Speech intelligibility in relation to the speed of the message.* Laryngoscope, 1957, 67, 410-419.

[15] COBRIN K. and GARDNER E. - *Decrease in number of myelinated fibers in human spinal roots with age.* Anat. Rec., 1937, 68, 63-74.

[16] COHEN T. and GITMAN L. - *Studies in the gastrointestinal tract in the aged.* J. Gerontol., 1958, 13, 441 (Abstract).

[17] COHEN T. and GITMAN L. - *Oral complaints and taste perception in the aged.* J. Gerontol., 1959, 14, 294-298.

[18] CLARK J. W. - *The aging dimension: a factorial analysis of individual differences with age on psychological and physiological measurements.* J. Gerontol., 1960, 15, 183-187.

[19] CLAY H. M. - *An age difficulty in separating spatially contiguous data.* J. Gerontol., 1956, 11, 318-322.

[20] COOPER R. M., BILASH I. and ZUBEK J. P. - *The effect of age on taste sensitivity.* J. Gerontol., 1959, 14, 56-58.

[21] CORSO J. F. - *Age and sex difference in pure-tone thresholds.* Arch. Otolaryngol., 1963, 77, 385-405.

[22] CORSO J. F. - *The Experimental Psychology of Sensory Behavior.* New York: Holt, Rinehart, and Winston, Inc. 1967a.

[23] CORSO J. F. - *Sensory processes: systematic developments and related data*, Chap. 7, pp. 273-309. In Helson, H. and Bevan, W. (Eds.), Contemporary Approaches to Psychology. Princeton, N. J.: D. Van Nostrand, 1967b.

[24] COSH J. A. - *Studies on the nature of the vibration sense.* Clin. Sci., 1953, 12, 131-151.

[25] DICKSON E. D. D. - *The assessment of compensation for noise-induced hearing loss.* Internat. Audiol., 1967, 6, 37-39.

[26] EL-BARADI A. F. and BOURNE G. H. - *Theory of tastes and odors.* Science, 1951, 113, 660-661.

[27] FANKHAUSER F. and SCHMIDT TH. - *Die untersuchung der funktionen des dunkeladaptierten auges mit dem adaptometer Goldmann-Weekers.* Ophthalmologica, 1957, 133, 264-272.

[28] FIETEL H. - *Judgment of time in younger and older persons.* J. Gerontol., 1957, 12, 71-74.

[29] GIBSON J. J. - *Adaptation, after-effect, and contrast in the perception of curved lines.* J. exp. Psychol., 1933, 16, 1-31.

[30] GLORIG A. and NIXON J. - *Hearing loss as a function of age.* Laryngoscope, 1962, 72, 1596-1610.

[31] GLORIG A., WHEELER D., QUIGGLE R., GRINGS W. and SUMMERFIELD A. - 1954 *Wisconsin State Fair Hearing Survey.* Subcommittee on Noise in Industry of the Amer. Acad. Ophthalmology and Otolaryngology, 1957.

[32] GLORIG A., SUMMERFIELD A. and NIXON J. - *Distribution of hearing loss in non-exposed populations.* Proc. Internat. Cong. Acoustics, Stuttgart, 1950.

[33] GRIEW S. and DAVIES D. R. - *The effect of aging on auditory vigilance performance.* J. Gerontol., 1962, 17, 88-90.

[34] GRIEW S., FELLOWS B. J. and HOWES R. - *Duration of spiral aftereffect as a function of stimulus exposure and age.* Percept. mot. Skills, 1963, 17, 210.

[35] GRIEW S. and LYNN R. - *Constructive « reaction inhibition » in the interpretation of age changes in performance.* Nature, 1960, 186, 182.

[36] GUTH S. K., EASTMAN A. A. and MCNELIS J. F. - *Lighting requirements for older workers.* Illum. Eng., 1956, 51, 656-660.

[37] HARRIS W. - *Fifth and seventh cranial nerves in relation to the nervous mechanism of taste sensation. A new approach.* Brit. J. Med., 1952, 1, 831-836.

[38] HEATH H. A. and ORBACH J. - *Reversibility of the Necker cube: IV. Responses of elderly people.* Percept. mot. Skills, 1963, 17, 625-626.

[39] HERZBERG F. - *Relationship of age to pain in dental operative procedures with rotating instruments.* J. Gerontol., 1958, 13, 167-168.

[40] HIMEL H. A. and MACDONALD R. I. - *A fallacy in clinical medicine—vibration sense in the aging and the aged.* Can. Med. Assoc. J., 1957, 77, 459-462.

[41] HINCHCLIFFE R. - *The threshold of hearing as a function of age.* Acustica, 1959, 9, 303-308.

[42] HOFFMAN C. S., COOPER-PRICE A., GARNETT E. S. and ROTHSTEIN W. - *Effect of age and brain damage on depth perception.* Percept. mot. Skills, 1959, 9, 283-286.

[43] HOWELL T. H. - *Senile deterioration of the central nervous system.* Brit. Med. J., 1949, 1, 56-68.

[44] JALAVISTO E. - *The phenomenon of retinal rivalry in the aged.* Gerontologia, 1964, 9, 1-8.

[45] JATHO K. and HECK K. H. - *Schwellen audiometrische untersuchungen über die progredienz und charakteristik der allerschwerhörigkeit in den verschiedenen lebensabschnitten.* Zeitschr. Laryng. 1959, 38, 72.

[46] JOHANSEN H. - *Den aldersbetingede tunghorh'ed, Munksgaard, Kobenhavn,* 1943.

[47] KOHLER W. and WALLACH H. - *Figural after-effects: an investigation of visual processes.* Proc. Amer. Phil. Soc., 1944, 88, 269-357.

[48] KÖNIG J. - *Pitch discrimination and age.* Acta Otolaryngol., 1957, 48, 473-489.

[49] LEOPOLD I. H. - *The Eye,* chap. 38, pp. 420-427. In Freeman, J. T. (Ed.). *Clinical Features of the Older Patient.* Springfield, Ill.: Charles C. Thomas, 1965.

[50] LISS L. and GOMEZ F. - *The nature of senile changes of the human olfactory bulb and tract.* Arch. Otolaryngol., 1958, 67, 167-171.

[51] MCEWEN P. - *Figural after-effects.* Brit. J. Psychol. Monog. Suppl., No. 31, 1958.

[52] MISIAK H. - *Age and sex differences in critical flicker frequency.* J. exp. Psychol., 1947, 37, 318-332.

[53] MISIAK H. - *Recent studies on the effect of aging on the fusion of intermittent light.* Acta Psychol., 1961, 19, 159-160.

[54] MORGAN C. T. and KING R. A. - *Introduction to Psychology.* New York: McGraw-Hill Book Co., 1966.

[55] PESTALOZZA G. and SHORE I. - *Clinical evaluation of presbycusis on basis of different tests of auditory function.* Laryngoscope, 1955, 65, 1136-1163.

[56] POLLACK R. H. - *Figural after-effects as a function of age.* Acta Psychol., 1960, 17, 417-423.

[57] RICH T. A. - *Perceptual after-effects, learning and memory in an aged group.* Ph. D. dissertation, Univ. of Florida, 1957.

[58] ROBERTSON G. W. and YUDKIN J. - *Effect of age upon dark adaptation.* J. Physiol., 1944, 103, 1-8.

[59] RONGE H. - *Altersveraenderungen des beruchrungssinnes: druck punktschwellen und druck punktfrequenz.* Acta Physiol. Scand., 1943, 6, 343-352.

[60] ROZEBOOM W. W. - *Do stimuli elicit behavior? A study in the logical foundations of behavioristics.* Phil. Sci., 1960, 27, 159-170.

[61] ROSEN S., BERGMAN M., PLESTER D., EL-MOFTY A. and SATTI M. H. - *Presbycusis study of a relatively noise-free population in the Sudan.* Ann. Otolog., 1962, 71, 727-743.

[62] SACHER G. A. - *On longevity regarded as organized behavior: The role of brain structure*, Chap. 9, pp. 99-110. In Kastenbaum, R. (Ed.), Contributions to the Psychobiology of Aging. New York: Springer Publishing Co., Inc., 1965.

[63] SAID F. S. and WEALE R. A. - *The variation with age of the spectral transmissivity of the living human crystalline lens.* Gerontologia, 1959, 3, 213-231.

[64] SATALOFF J. - *Ololaryngologic Problems*, Chap. 39, 428-434. In Freeman, J.I. (Ed.). Clinical Features of the Older Patient. Springfield, Ill.: Charles C. Thomas, 1965.

[65] SCHLUDERMANN E. and ZUBEK J. P. - *Effect of age on pain sensitivity.* Percept. mot. Skills, 1962, 14, 295-301.

[66] SCHUKNECHT H. F. - *Further observations on the pathology of presbycusis.* Arch. Otolaryngol, 1964, 80, 369-382.

[67] SHERMAN E. D. - *Sensitivity to pain.* Can. Med. Assoc. J., 1943, 48, 437-441.

[68] SPOOR A. - *Presbycusis values in relation to noise induced hearing loss.* Internat. Audiol., 1967, 6, 48-57.

[69] THURNER F. K. and SEYFRIED H. - *Are figural after-effects dependent upon age?* Acta Psychol., 1962, 20, 58-67.

[70] WAPNER S., WERNER H., and COMELLI JR. P. E. - *Perception of part-whole relationships in middle and old age.* J. Gerontol, 1960, 15, 412-416.

[71] WEALE R. A. - *The Eye and Its Function.* London: Hatton Press, 1960.

[72] WEALE R. A. - *Notes on the photometric significance of the human crystalline lens.* Vision Res., 1961a, 1, 183-191.

[73] WEALE R. A. - *Retinal illumination with age.* Trans. Illum. Eng. 1961b, 26, 95-100.

[74] WEALE R. A. - *On the Eye*, Chap. 16, pp. 307-326. In Welford, A. T. and Birren, J. E. (Eds.). *Behavior, Aging and the Nervous System.* Springfield, Ill.: Charles C. Thomas, 1965.

[75] WEEKERS R. and ROUSSEL F. - *Introduction à l'étude de la fréquence de fusion en clinique.* Ophthalmologica, 1946, 112, 305-319.

[76] WEISS A. D. - *Auditory perception in aging*, Chap. 9, pp. 109-140. In Birren, J. E., Butler, R. N. Greenhouse, S. W. Sokoloff, L. and Yarrow M. R. (Eds.). *Human Aging: A Biological and Behavioral Study.* Washington, D.C.: U. S. Government Printing Office, Public Health Service Publication No. 986, 1963.

[77] WELFORD A. T. - *Ageing and Human Skill.* London: Oxford Univer. Press, 1958.

[78] WELFORD A. T. - *Performance, biological mechanisms and age: A theoretical sketch*, Chap. I, pp. 3-20. In Welford, A. T., and Birren, J. E., (Eds.). Behavior, Aging, and the Nervous System. Springfield Ill.: Charles C. Thomas, 1965.

[79] WILSON T. R. - *Flicker fusion frequency, age, and intelligence.* Gerontologia, 1963, 7, 200-208.

[80] ZOBEL H. - *Die sensibilität der hornhaut in den verschiedenen lebensaltern.* von Graefes Arch. Ophth., 1938, 139, 668-676.

Copyright by

Rivista "SCIENTIA" Editrice

Sede legale - Milano, Via Donizetti 55

Registrata presso la Cancelleria del Tribunale di Milano col N. 1276

NORA BONETTI - *Direttore Responsabile*

ODAG - OFFICINA D'ARTI GRAFICHE - MILANO

BANCA COMMERCIALE ITALIANA

BANCA DI INTERESSE NAZIONALE

CAPITALE SOCIALE L. 40.000.000.000 - RISERVA L. 12.250.000.000

La "Comit", oltre a mettere a Vostra disposizione una completa gamma di servizi al più alto livello di efficienza, Vi offre anche:

una **ASSICURAZIONE SULLA VITA CONTRO GLI INFORTUNI**

che copre automaticamente tutti i titolari - persone fisiche e Ditte individuali - di conti correnti e di libretti a risparmio nominativi;

un **LIBRETTO DI RISPARMIO CIRCOLARE**

che dà al portatore la possibilità di effettuare prelievi presso uno qualsiasi degli sportelli della Banca;

un **ESTRATTO-CONTO**

con la descrizione di ogni movimento di fondi all'attivo e al passivo.

I 265 sportelli della Banca Commerciale Italiana sono a Vostra disposizione per ogni chiarimento.

SUPPLÉMENT

Traductions Françaises

des articles dont le texte original n'est pas en langue française.
(Chaque traduction a été revisée par l'Auteur).

EMPLOI DE L'ANALYSE INDÉTERMINÉE EN ASTRODYNAMIQUE

L'étude des orbites des satellites artificiels a permis de procéder à une analyse plus exacte de certains problèmes de mécanique céleste. Ces problèmes ne se limitent pas à l'étude des orbites de satellites artificiels, ils concernent d'autres questions aussi dans la science astronomique. L'ensemble de ces questions appartient au chapitre de la mécanique céleste qui est connu sous le nom d'astrodynamique analytique. En particulier, le problème des perturbations de l'orbite d'un satellite artificiel a été traité à la fois par les astronomes, les physiciens et les mathématiciens, avec les procédés appartenant en propre à chacune de ces spécialités. Dans le présent article, nous exposons succinctement la méthode qu'ont suivie les mathématiciens, à savoir l'application de l'analyse indéterminée, fondée sur la géométrie des hyperspaces, ce qui permet d'effectuer une étude plus approfondie des données fournies par l'expérience, de manière à trouver les valeurs les plus probables des élements de l'orbite et de leur variation au cours du temps. Pour suivre un ordre de difficulté croissante, dans les applications, nous avons d'abord traité l'équation indéterminée du premier degré avec coefficients constants en nombres entiers relatifs, puis le cas des polynômes rationnels entiers d'une variable et enfin celui de formes algébriques F_h dans les variables x_r, dont l'ordre est n_h.

Les études relatives aux variations des éléments orbitaux des corps célestes artificiels (satellites et astéroïdes) ont permis d'analyser profondément certains problèmes de mécanique céleste. Le chapitre le plus important de cet ensemble d'études est celui que l'on nomme l'astrodynamique analytique. On y traite de questions qui intéressent différentes disciplines scientifiques telles que l'astronomie, la physique et les mathématiques et de nombreuses recherches théoriques ou numériques y ont été consacrées. Le problème principal, le plus étudié, est celui qui est relatif aux perturbations, en l'espèce d'intensité notable, que subissent les satellites artificiels et les astéroïdes au cours de leur mouvement orbital.

Les divers chercheurs qui se sont intéressés à ces problèmes les ont abordés avec les méthodes propres à leurs spécialités. Les astronomes ont, d'abord, essayé de résoudre le problème par des méthodes inspirées de la mécanique céleste classique, c'est-à-dire en intégrant les perturbations selon chaque coordonnée (méthode de Encke) ou en utilisant les formules classiques qui donnent les variations des éléments d'une orbite képlérienne. Ces méthodes se sont avérées insuffisantes dans ce cas d'espèce, en raison de l'importance notable des perturbations que subissent les orbites des corps célestes artificiels: on s'est alors rabattu, avec plus de succès, mais sans épuiser pour autant la question, sur la méthode des quadratures (équation de Hamilton-Jacobi), opérant directement sur le potentiel perturbateur, ce dernier étant supposé composé de deux termes, l'un très petit et l'autre intégrable.

Les physiciens ont tenté de ramener la question au problème général des n corps, en trouvant des solutions particulières qui soient en concordance avec les observations de position des corps célestes artificiels, ces dernières étant généralement effectuées par des relevés radioélectriques.

Les mathématiciens, au contraire, ont abordé le problème d'une manière très intéressante en le faisant entrer dans la théorie générale des hyperespaces, ce qui a conduit à des modèles intéressants et suggestifs.

On peut donc dire que, jusqu'à ce jour, c'est aux mathématiciens que revient le mérite d'avoir bâti une représentation théorique complète et générale du problème, faisant apparaître ainsi la multiplicité de ses solutions, mais il faut préciser que, s'ils ont pu souscrire à une telle représentation globale, c'est qu'ils ne sont pas prisonniers, comme le sont les astronomes ou les physiciens, des données numériques d'une précision bonne ou mauvaise, qui résultent des observations directes.

Le problème n'est donc pas, au moins jusqu'à ce jour, soluble de façon univoque sur le plan mathématique: en effet, les méthodes utilisées par les astronomes et les physiciens consistent à chercher des solutions particulières qui soient en bonne concordance avec les observations effectuées et, pour y arriver, on est obliger de faire certaines hypothèses physiques simplificatrices. En d'autres termes, le problème des perturbations des corps célestes artificiels ne peut pas être résolu par voie uniquement mathématique: de quelque manière qu'on l'aborde (par la géométrie des hyperespaces, comme problème des n corps, par les quadratures, etc.) on aboutit à plusieurs solutions possibles et, comme pour tout autre problèmes pratique, ce n'est qu'avec des considérations purement pratiques que l'on peut définir la solution la plus probable.

Nous nous proposons d'examiner ici la question du point de vue mathématique, en cherchant à donner à la théorie pure une base pratique qui puisse permettre d'en déduire des applications numériques. Nous aurons recours, dans ce but, à l'analyse indéterminée du premier degré, qui est plus que suffisante pour permettre de poser les problèmes astronomiques: ceci signifie que nous chercherons d'abord une solution sous forme d'entiers relatifs, puis une solution en forme de polynôme et, enfin, une solution algébrique, c'est à dire une hypersurface. En ce qui concerne le problème considéré ci-dessus, il faut remarquer que les solutions obtenues sous forme d'entiers relatifs peuvent être considérées comme une première approximation valable, car toutes les données obtenues par l'observation, spécialement dans le cas des satellites artificiels ou des astéroïdes, ne sont connues qu'avec une précision qui permet parfaitement de les regarder comme des solutions en nombres entiers relatifs d'équations dont les coefficients sont également des entiers relatifs. Ce principe reste encore valable lorsque l'on passe à la détermination numérique des éléments d'orbite (instantanés), où l'on doit employer, par exemple dans le cas de l'excentricité des orbites, de nombreuses décimales, car cela revient à multiplier tous les termes de l'équation considérée par une puissance de 10, pour se ramener au cas général de l'analyse indéterminée du premier degré.

Sachant que cette théorie mathématique peut être utilisée comme auxiliaire de calcul dans d'autres domaines de l'astronomie (par exemple à l'étude du mouvement d'une étoile d'un système, ou bien dans champ des forces galactiques), nous l'étudierons d'un point de vue plus général.

Les premières études relatives à l'analyse indéterminée du premier degré remontent à Diophante, mathématicien grec qui a vécu à Alexandrie autour de 250 après J-C et que l'on considère comme le fondateur de la théorie des nombres.

Considérons d'abord l'expression la plus générale d'une équation du premier degré à n inconnues:

$$(1) \qquad \sum_{i=1}^{n} a_i x_i = c$$

où les grandeurs a_i appelées coefficients et le terme c sont des nombres entiers relatifs constants, c'est-à-dire indépendants de la valeur des enconnues x_i. On se propose d'abord de trouver la condition à laquelle l'équation (1) admet des solutions sous forme de nombres entiers relatifs et, ensuite, dans le cas où de telles solutions exisent, de les déterminer toutes.

La notion mathématique de module engendré par deux ou plusieurs nombres nous permet de trouver immédiatement la condition d'existence de ces solutions de l'équation (1). En effet, si m est le module engendré par un nombre quelconque (fini) d'entiers relatifs, a_i, tous les nombres entiers relatifs du type:

$$\sum_{i=1}^{n} \lambda_i a_i = m$$

où les λ_i sont des nombres entiers relatifs choisis arbitrairement engendrent le même module m. Nous savons, de plus, que le plus grand commun diviseur de nombres relatifs quelconques a_i appartient à leur module, c'est à dire notamment que, si les nombres a_i sont premiers entre eux, nous aurons:

$$\sum_{i=1}^{n} \lambda_i a_i = 1 \tag{2}$$

De ce qui précède, nous pouvons déduire que la condition nécessaire et suffisante pour que l'équation (1) admette des solutions en nombres entiers relatifs est que le plus grand commun diviseur des coefficients a_i divise le terme c. Cette condition est nécessaire, car s'il existe n nombres entiers relatifs x_i qui satisfassent à l'équation, tout facteur commun aux coefficients a_i divisera chacun des produits $a_i x_i$ et divisera, par suite, leur somme qui n'est autre que c. En démontrant que la condition est suffisante, nous pouvons déterminer également les valeurs numériques d'une solution x_i de l'équation proposée. Supposons, en effet, que le plus grand commun diviseur des nombres a_i divise également le terme c. En divisant le premier et le second membre de l'équation (1) par ce plus grand commun diviseur, nous obtiendrons une nouvelle équation du premier degré dont les coefficients seront premiers entre eux. Ces coefficients satisferont donc à une indentité du type (2). En multipliant par c les deux membres de cette identité, nous aurons:

$$\sum_{i=1}^{n} a_i \lambda_i c = c$$

d'où on tire: $x_i = \lambda_i c$. Il faut noter que la recherche du plus grand commun diviseur des coefficients a_i permet de déterminer les valeurs numériques des λ_i. En effet, on déduit de la définition du module que le reste d'une division appartient au module engendré par le dividende et par le diviseur, multiplié par le quotient: en déterminant le plus grand commun diviseur par la méthode des divisions successives, il coïncidera avec le reste de l'une de ces divisions et appartiendra donc au module engendré par les nombres a_i. Ce résultat n'est pas autre chose que le théorème fondamental relatif au plus grand commun diviseur. La détermination des valeurs numériques λ_i est donc une opération élémentaire et, étant donné c, le terme du second membre, la première solution (c'est-à-dire l'ensemble des nombres entiers relatifs x_i) peut être immédiatement déterminée.

Mais, si l'équation (1) admet une solution en nombres entiers relatifs, elle en admet une infinité. En effet, considérons une matrice antisymétrique dont les éléments sont des entiers relatifs arbitraires, p, c'est-à-dire telle que pour toutes les valeurs des indices i, k, on ait: $p_{ik} = - p_{ki}$; $p_{ii} = 0$. Supposons que l'ensemble des nombres entiers relatifs x_i soit la première solution de l'équation (1) obtenue par la méthode précédente. Tout ensemble de nombres entiers relatifs x'_i liés aux x_i par les relations:

$$
\begin{aligned}
x'_1 &= x_1 + a_1p_{11} + a_2p_{12} + \dots + a_np_{1n} \\
x'_2 &= x_2 + a_1p_{21} + a_2p_{22} + \dots + a_np_{2n} \qquad (3) \\
x'_n &= x_n + a_1p_{n1} + a_2p_{n2} + \dots + a_np_{nn}
\end{aligned}
$$

sera également une solution de l'équation (1). On peut facilement le vérifier en multipliant les équations (3) respectivement par les coefficients a_i, et en ajoutant membre à membre les relations obtenues. En effet, si les nombres p_{ik} sont les coefficients d'une matrice antisymétrique, les sommes du type: $a_ja_kp_{ik} + a_ka_ip_{ki}$ seront nulles parce que $p_{ik} = - p_{ki}$ et il en sera de même pour les termes $a^2_ip_{ii}$ puisque $p_{ii} = 0$. On aura donc:

$$\sum_{i=1}^{n} a_ix'_i = c$$

Le mathématicien E. Betti, qui fut le maître de Bianchi et qui est célèbre pour ses études sur les fonctions elliptiques, sur les forces newtoniennes et sur la topologie a démontré que toutes les solutions entières de l'équation (1) sont données par les formules (3). Ce procédé purement mathématique comporte, comme il était facile de prévoir, une indétermination qui s'ajoute à la restriction de n'utiliser que des nombres entiers relatifs, mais la méthode, complétée par des considérations physiques appropriées, se prête néanmoins à un usage précis dans de nombreux domaines. Par exemple, nous indiquerons que, dans le cas de l'équation à deux inconnues, ce procédé permet d'effectuer une analyse précise (moyennant l'artifice numérique précédemment indiqué et qui consiste à multiplier par une puissance de 10) de l'importance de chacune des erreurs de mesure - provenant des instruments et des observations - sur la solution du problème le plus élémentaire de l'astronomie: la détermination de l'heure. D'une façon générale, l'équation à deux inconnues peut être résolue, dans les conditions précédemment indiquées, soit par le théorème d'Euler, employant les congruences du premier degré, soit par l'indicateur de Gauss, soit au moyen de la méthode des fractions continues de Lagrange (qui ne diffère que par la forme de celle des modules que nous employons); dans cet exemple particulier, il convient d'employer la méthode des essais successifs due à R. Calapso. Cette méthode, qui est très utile dans les applications pratiques, consiste à remplacer x par des valeurs entières consécutives, jusqu'à ce que l'on trouve pour y (dans notre cas, pour $y.10^3$) une valeur entière. En général, on trouvera une telle valeur de x au bout d'un nombre d'essais égal au nombre d'unités contenues dans le coefficient de l'inconnue cherchée, mais l'opération s'abrège notablement lorsque, comme c'est le cas dans le problème de la détermination de l'heure, l'on connaît d'avance l'intervalle où peut se produire la variation de x: si l'on recherche, par exemple, une solution pour laquelle x soit supérieur à un nombre donné, k, les essais commenceront pour $x = k + 1$

et se poursuivront jusqu'à une valeur h bien établie, c'est-à-dire qu'en pratique, ils ne couvriront qu'un petit intervalle. On peut aussi étudier le problème par voie graphique: traçons deux axes de coordonnées cartésiennes et menons les parallèles à l'axe des y par tous les points de l'axe des x ayant des abscisses entières comprises entre k et h; menons de même les parallèles à l'axe des x par tous les points d'ordonnée y entière. Nous avons ainsi quadrillé le plan cartésien: l'on peut, d'ailleurs, se servir de papier quadrillé. Les noeuds du quadrillage sont les points du plan à coordonnées entières. Par rapport aux axes ainsi définis, notre équation représente une droite et l'on peut dire, en toute généralité, que pour savoir si l'équation admet des solutions en nombres entiers, il suffit de regarder si cette droite passe par des noeuds du quadrillage. Si nous voulions analyser les effets de deux erreurs de mesure, il faudrait considérer une équation à trois inconnues et ainsi de suite: on peut toujours utiliser pour la résolution la méthode de Calapso qui permet de traiter des équations à un nombre quelconque d'inconnues.

Les considérations ci-dessus peuvent se généraliser, moyennant des modifications convenables, aux cas où, dans l'équation (1) les coefficients a_i et le terme c du second membre sont des polynômes rationnels entiers d'une variable t, et où l'on recherche, comme solutions de la dite équation, des inconnues x_i qui soient également sous la forme de polynômes rationnels de la même variable t. En effet, nous avons encore dans ce cas comme condition nécessaire et suffisante pour que (1) ait une solution sous forme de polynôme en t, que le plus grand commun diviseur des polynômes a_i (qui sera, dans ce cas, une constante C non nulle) divise également le polynôme c. En utilisant encore le théorème du module, on peut trouver la première solution de l'équation (1) sous forme de polynômes rationnels en t, et en déduire toutes les autres solutions possibles par les formules (3) de Betti, dans lesquelles les quantités p_{ik} seront cette fois des polynômes en t choisis arbitrairement, mais tels que leur matrice soit antisymétrique.

Dans le cas des satellites artificiels, si l'on identifie la variable t avec le temps, cette méthode s'avère extrêmement utile lorsque l'on se propose de trouver les relations numériques qui relient la variation de l'un des éléments de l'orbite aux variations des autres éléments.

* * *

Si l'on cherche à étendre cette méthode de recherche à l'étude des perturbations des astéroïdes artificiels ou, de manière plus générale, à des corps célestes soumis à différents champs de force, il faut généraliser le procédé que nous venons d'indiquer aux formes algébriques à plusieurs variables. Le problème se complique alors notablement, aussi bien sur le plan théorique qu'en ce qui concerne l'exécution des calculs: avant de pouvoir programmer un calculateur, il faut étudier attentivement la, ou les, équations de départ, afin de savoir si elles comportent, ou non, une solution dans l'hyperespace considéré.

Ces études préalables sont indispensables si l'on veut éviter des essais infructueux et inutilement coûteux: les considérations suivantes permettent de les entreprendre, à la condition de les adapter aux différents cas d'espèce que

l'on rencontre en pratique. Pour continuer à suivre la même filière logique que dans ce qui précède, nous chercherons donc à généraliser les résultats déjà obtenus aux formes algébriques de plusieurs variables. Nous établirons d'abord la définition du module engendré par un nombre donné de telles formes, telle qu'elle résulte des travaux menés au cours de la seconde moitié du siècle dernier et au début de celui-ci par L. Kronecker à Berlin et D. Hilbert à Göttingen respectivement.

Considérons donc h formes algébriques F_h des variables x_r et de degré n_h respectivement: nous appellerons module F engendré par ces formes la totalité des formes F représentables par des combinaisons linéaires des formes données dont les coefficients X_h soient eux-aussi des formes des mêmes variables x_r, c'est-à-dire:

$$F = \Sigma_h F_h X_h \tag{4}$$

Il va de soi que, pour que le second membre de (4) soit une forme de degré n, il faut que les formes X_h aient respectivement un degré égal à: $n-n_h$. Dans ces conditions, pour obtenir les formes (inconnues) X_h, il suffit de résoudre par rapport à elles l'équation indéterminée (4). Si l'on poursuit le raisonnement de la sorte, on s'aperçoit immédiatement qu'il s'agit formellement d'une opération portant sur une équation indéterminée unique du premier degré, celle-ci étant étendue au corps des formes algébriques de plusieurs variables. Mais nous ne pouvons pas généraliser le théorème du plus grand commun diviseur à ce cas, de sorte qu'il n'est pas facile de déterminer si l'équation (4) est, ou non, soluble. Il faut alors avoir recours à la représentation géométrique dans un hyperespace, les variables x_r étant interprétées comme étant les coordonnées homogènes d'un point dans un espace projectif, S_r, à r dimensions. Dans cette représentation géométrique, toute forme F_i parmi les h considérées, reliant les variables x_r est associée à une hypersurface représentée par l'équation: $F_i = 0$ que l'on obtient en égalant à zéro cette forme. L'hypersurface en question se compose donc de tous les points de S_r dont les cordonnées satisfont à la dite équation. Si nous égalons séparément à zéro les h formes F_i considérées, nous obtenons h équations, représentant chacune une hypersurface. Le système formé par ces h équations représente une variété algébrique, formée de tous les poits de S_r dont les coordonnées satisfont simultanément à ces h équations du type: $F_h = 0$, c'est-à-dire au système donné.

Une telle variété algébrique peut se composer de plusieurs variétés de dimensions différentes: il faut, alors, avoir recours à la théorie de l'élimination de Kronecker qui permet, lorsqu'une variété algébrique est formé de composants de dimensions différentes, de trouver pour chacun d'eux un système d'équations algébriques représentant seulement le composant considéré. On peut donc ainsi trouver, parmi toutes les variétés de dimensions différentes qui, par leur réunion, constituent la variété donnée, quelles sont celles (si elles existent) qui ont une dimension correspondant au cas étudié. De plus il peut arriver - et c'est même le cas le plus fréquent en pratique - que la variété algébrique correspondant à une dimension donnée se décompose en deux ou plusieurs variétés de dimensions égales: il s'agit alors, comme on dit, d'une variété réductible, dont un seul composant suffit pour les besoins de notre analyse.

Après avoir trouvé la variété cherchée, et en opérant seulement sur les formes F_h (les coefficients), on peut voir si l'équation (4) est soluble, la condition

necessaire pour qu'elle ait une solution constituée de formes algébriques X_h étant que l'hypersurface F (second membre) passe par la variété définie par le système des: $F_h = 0$. Si cette variété est proprement de dimension (r - h) et si elle n'a pas de parties multiples (ceci supposant d'abord que l'on ait $h \leq r$), la condition est également suffisante et l'équation (4) aura sûrement des solutions au sens voulu.

Comme on le voit, cette analyse des formes algébriques considérées (les coefficients F_h et le second membre F), que l'on effectue sur l'équation (4) avant de passer au calcul équivaut théoriquement à prouver, dans le cas de l'équation (1), que le plus grand commun diviseur des coefficients a_i divise le second membre c.

Les études sur la théorie des modules ont été effectuées magistralement en Italie par Eugenio Bertini (1846-1933) et la théorie qui précède, des modules des formes algébriques, se trouve exposée au chapitre 12 de son livre fondamental: « Geometria proiettiva degli iperspazi » (Messine, 1923).

Ayant établi de cette façon la condition nécessaire et suffisante pour que l'équation (4) admette des solutions constituées de formes algébriques des variables x_r, nous sommes en mesure de calculer la première solution, X_h. Les autres solutions peuvent toujours être obtenues par la méthode de Betti, qui demeure valable. Les formules correspondantes amènent à construire, dans ce cas une matrice antisymétrique P_{ik} dont les éléments sont des formes des variables x_r. Les considérations physiques, qui font également partie du problème, permettront, dans chaque cas, de trouver finalement la solution la plus probable pour représenter mathématiquement le phénomène étudié.

Napoli, Osservatorio Astronomico di Capodimonte.

E. FICHERA

(Traduit par C. Cardot - Gif-sur-Yvette)

LES EFFETS BIOLOGIQUES DES RADIATIONS ÉLECTROMAGNÉTIQUES NON IONISANTES

Durant les deux dernières décades on a révélé que les radiations électromagnétiques thermogéniques, spécialement les micro-ondes, avaient beaucoup d'effets biologiques non connus précédemment. Certains de ces effets sur l'organisme vivant sont bénéfiques, certains sont pathogènes, et certains sont léthaux, en fonction surtout de la fréquence électromagnétique et de la grandeur de l'énergie du champ. Certaines expositions paraissent être de grandeurs que l'on peut permettre et certaines pas. Les micro-ondes de radar et d'autres micro-ondes présentent un risque potentiel pour les êtres humains.

Les effets biologiques des ondes électromagnétiques thermogéniques ont été étudiés intensément depuis 1946, et quelques recherches avaient été faites avant ce temps. Les effets thermogéniques ne sont pas aussi bien connus des chercheurs ou du public que les effets des radiations ionisantes, mais ils sont intéressants. Leur présence dans l'espace extérieur et leur production accrue par les inventions électroniques dues à la main de l'homme ont stimulé un plus grand intérêt au cours de la dernière décade. C'est être conservateur de dire que les risques ambiants réels des ondes thermogéniques dans les prochaines années vont être plus grands que toute autre partie du spectre électromagnétique.

Par définition, le spectre électromagnétique thermogénique comprend l'ultraviolet, la lumière visible et toutes les longueurs d'onde plus grandes que la lumière dans le spectre. En réalité, la lumière visible et les bandes infrarouge ont été étudiées pendant de nombreuses années, mais on ne savait que peu de choses sur les effets biologiques des micro-ondes et sur les radio-fréquences inférieures jusqu'à récemment. A certains égards, les effets biologiques de ces dernières bandes sont mieux compris aujourd'hui que ceux des radiations ionisantes. A d'autres égards, les effets de ces bandes électromagnétiques ont été déconcertants, car il semble souvant y avoir des effets résultant des radiations qu'on ne peut pas expliquer par le réchauffage seulement des organismes vivants. Cette discussion va se concentrer davantage sur les fréquences radio, de plus longue longueur d'onde, et sur les fréquences des micro-ondes qui occupent le spectre entre ces fréquences et l'infra-rouge.

On a montré que les ondes thermogéniques affectent les plantes, les graines, les petits et les grands animaux, les cellules et les tissus vivants. Avec certains matériaux physiques, elles agissent d'une manière très semblable à la lumière visible. Elles traversent très directement le verre ou le plastique incolores et elles peuvent être focalisées par ces matériaux lorsqu'ils sont moulés en forme de lentille, mais le foyer est moins ponctuel parce que les ondes thermogéniques sont plus grandes. Cependant, les micro-ondes thermogéniques passent directement à travers de l'huile minérale limpide, mais

pas aussi directement à travers des huiles végétales ou animales limpides, ces dernières étant réchauffées par le passage des ondes électromagnétiques. De la gélatine limpide, visiblement transparente, est également réchauffée par une irradiation par des micro-ondes.

La lumière et les micro-ondes à la fois sont réfléchies par une surface métallique lisse, mais les micro-ondes sont réfléchies par un tamis de fils métalliques, alors que la plus grande partie des ondes lumineuses le traversent. Avec les micro-ondes, une pièce de métal ou un tamis métallique peuvent agir comme une antenne secondaire et créer un second rayonnement à partir de cette surface. Ainsi, si un être humain ou tout autre animal a un implant métallique dans l'organisme, un rayonnement de micro-ondes peut créer une température plus élevée qu'attendu dans la zone autour de l'implant métallique.

Toutes les longueurs d'ondes des micro-ondes, des fréquences radio et de radar pénètrent dans l'organisme de l'homme ou des autres animaux d'une façon exponentielle, avec chaque longueur d'onde ayant un gradient de pénétration exponentiel différent. Si le corps était homogène, la profondeur de pénétration de demi-perte serait 7 pour cent de la longueur d'onde. On a montré cela sur des organes excisés relativement homogènes, tels que le foie ou le sang coagulé. Par exemple, le demi-extinction de micro-ondes de 10 centimètres de longueur d'onde est 7 millimètres de profondeur. Parce que la perte est transformée en chaleur et que la température croît, les mesures de variation de température sont la méthode usuelle pour de telles études et conclusions.

L'animal vivant, cependant, présente des problèmes spéciaux pour le biologiste ou le biophysicien. Le sang circulant tend à dissiper l'accroissement de température au lieu particulier qui est irradié, par convection. Cette action circulatoire abaisse la température au point d'irradiation, mais accroît la température des parties non exposées de l'organisme. Egalement, les os agissent en tant que semi-réflecteurs de telles radiations. Les os, par conséquent, créent une distribution spéciale de la chaleur dans l'organisme.

Que l'échauffement par les micro-ondes du corps était dissipé par la circulation sanguine et que cet échauffement des tissus augmentait la vitesse du flot sanguin dans la zone, ce fut une découverte précoce, parce qu'on avait montré préalablement que les longueurs d'onde plus longues telles que 8 mètres et 16 mètres chauffaient les tissus et augmentaient la vitesse de circulation du sang. Ce dernier cas fut connu sous le nom de diathermie et utilisé en physique médicale pour améliorer la circulation sanguine. Cependant, la découverte majeure ce fut que les micro-ondes telles celles de 12,25 centimètres de longueur d'onde étaient plus efficace pour accroître la circulation sanguine que la diathermie classique. Ces micro-ondes de plus courtes longueurs d'onde, incontinant, doublent ou triplent la vitesse de circulation à travers une zone de l'organisme. Bien que l'Infra-rouge soit utilisé encore pour accroître la circulation du sang sous-cutané, cela est créé par la conduction tissulaire plutôt que par la pénétration électromagnétique, puisque la pénétration de demi-extinction de l'Infra-rouge est une fraction de millimètre. En revanche, la pénétration de demi-extinction des micro-ondes de 2450 Megahertz (12,25 cm) est d'environ 8,4 millimètres de profondeur. Parce qu'un huitième demeure pour agir à 33,6 millimètres, les ondes de cette longueur d'onde sont très efficaces. En bref, elles augmentent la circulation sanguine à travers les muscles de même que dans les zones sous-cutanées.

Il était logique de soupçonner que les micro-ondes ou de radar qui sont des ondes pulsatives pourraient être pathogènes pour l'intérieur non vascularisé de l'oeil. On a trouvé qu'elles étaient traumatisantes d'une façon qui suit une loi mathématique, sous la dépendance de la longueur d'onde pour les irradiations excessives. Un excès de micro-ondes de 12,25 centimètres provoquent une opacité lenticulaire dans le segment postérieur du cristallin. Les micro-ondes de 8 centimètres créent une opacité lenticulaire dans le segment antérieur du cristallin, et les ondes de 3 centimètres entraînent une opacité cornéenne. Une explication pour une telle pathologie oculaire serait évidente si les opacités se produisaient immédiatement avec l'irradiation. Ce serait un simple chauffage. Cependant, avec des expositions excessives, juste au-dessus du seuil, les opacités se forment en 2 jours à 6 mois après une exposition aux micro-ondes. En plus du chauffage, on a trouvé que le glutathion oculaire était épuisé par les expositions, et que les opacités lenticulaires étaient plus directement formées, avec moins d'énergie, chez le lapin avec un diabète.

Les micro-ondes détruisent le sperme dans les testicules. L'Infra-rouge détruit le sperme dans les testicules, mais en comparaison l'Infra-rouge exige plus d'énergie et une plus grande élévation de température dans les testicules et la destruction est proximale à la surface exposée des testicules. Les deux constatations suivent la loi du gradient de pénétration exponentielle sur les tissus vivants, sauf pour la différence dans la température induite.

Quelques-unes des découvertes les plus intéressantes sur les micro-ondes sont les effets uniques sur les molécules de l'organisme *in vivo* et *in vitro*. Par exemple, la ouabaïne et la digitoxine sont des médicaments communs donnés aux malades cardiaques pour augmenter le volume de battement du coeur et pour accroître le débit cardiaque effectif. Ces médicaments font de même chez le rat. Les expositions aux micro-ondes de moins de 80 milliwatts par cm^2 de force de champ renversent l'action de ces drogues chez le rat pour diminuer le volume de battement et le débit cardiaque. On ne connaît pas le changement moléculaire exact, mais il est évidemment suggéré qu'un malade cardiaque utilisant ces médicaments ne doit pas avoir d'exposition excessive à des micro-ondes ou de radar.

Une autre molécule, l'héparine, lorsqu'exposée aux micro-ondes avant l'injection agit plus de 10 fois aussi fortement comme anticoagulant du sang que l'héparine ordinaire, ou que l'héparine chauffée par un moyen autre que les micro-ondes. Une solution de la protéine, albumine, est coagulée à une température inférieure que par le chauffage ordinaire.

Au-dessus du niveau strictement moléculaire, les lipides de taille microscopique fine tendent à s'orienter en une structure en forme de collier durant l'irradiation par les micro-ondes, et il y a un changement dans l'arrangement des chromosomes de la racine d'ail par ces ondes électromagnétiques. Egalement, lorsque des oeufs de poule sont élevés à la température d'incubation par des micro-ondes, il y a un nombre significatif de malformations embryonnaires. Cependant, avec la mouche commune il n'y a aucun signe de malformation de la descendance, si les larves ou les mouches parentales sont irradiées. Tout aussi intéressant est le fait que des expositions à des champs de faible grandeur ces mouches parentales augmente le nombre de la descendance après la copulation. Les champ de valeur élevée ou de longue durée diminuent le nombre de la descendance par rapport à la normale, et des taux de radiation encore plus élevés sont léthaux pour les mouches parentales.

Un des curieux effets des micro-ondes se rencontre chez de nombreuses semences végétales. Lorsque ces semences sont exposées à moins de 100 milliwatts par cm^2 pour pas plus de 20 minutes, les semences germent plus vite que les témoins, et les plantes atteignent une taille plus élevée avec des tiges plus vigoureuses pour une période de temps donnée. Et, naturellement, les plantes qui sont irradiées ont un poids plus grand par plant. L'exposition aux micro-ondes des plantes en développement n'augmente pas le taux de croissance.

Il est apparent à ce point dans la discussion des micro-ondes et des autres ondes thermogéniques électromagnétiques, que certains effets de l'exposition sont bénéfiques et que certains sont pathogènes dans leur nature. Egalement, il peut y avoir des effets doubles en fonction de la grandeur de l'exposition aux ondes électromagnétiques. Un exemple de ce dernier cas, c'est quand un animal normal est exposé à des micro-ondes de faible intensité, le temps de coagulation du sang est prolongé, mais que si l'exposition est d'intensité plus élevée, le temps de coagulation du sang est plus court que la normale. Une exposition aiguë en très grand excès d'une densité de champ élevée est léthale aux petits animaux, tels que le rat et le lapin en 10 à 20 secondes. Le coeur et la respiration s'arrêtent, et le sang coagule à l'intérieur des vaisseaux sanguins.

Les changements physiologiques qui conduisent à la mort des petits animaux par les radiations électromagnétiques thermogéniques ont été étudiés en détail. Il est difficile de faire des observations et des mesures dans la courte période de 10 à 20 secondes, mais une période de 10 à 20 minutes est plus pratique en utilisant une radiation de moindre intensité.

Lorsque les rats ont un temps d'exposition mortelle de 12 minutes, la température du corps commence à s'élever dans les quelques premières minutes et continue à s'élever jusqu'au terme de la période de 12 minutes. Pendant les six premières minutes il y a de la dyspnée et un collapsus respiratoire dans les 9 à 10 minutes, suivis d'un collapsus cardiaque à l'issue des 12 minutes. De 9 à 12 minutes, la température dans le cerveau moyen est de 40,5 à 41 degrés Centigrade, encore que le reste du corps puisse être à cette température ou au-dessus. Durant ces 3 dernières minutes il y a une insuffisance cardiaque et vasculaire progressive. En bref, le collapsus respiratoire intervient avant le collapsus cardiaque, consécutivement à des irradiations dans la région des micro-ondes du spectre.

L'examen post mortem des rats irradiés révèle de petites hémorrhagies dans le cerveau, le coeur, les poumons, le foie et souvent dans les reins et les muscles du squelette. Avec un dosage en radiation sub-léthal, on peut voir ces hémorrhagies dans les mêmes organes, si les animaux sont sacrifiés peu après l'exposition. Le même dosage sub-léthal révèle du tissu cicatriciel dans les organes, si les animaux sont sacrifiés un mois ou plus après l'exposition.

Cela conduit à l'une des constatations les plus intéressantes. Les rats auxquels sont administrées des expositions sub-léthales 8 à 13 fois en utilisant des micro-ondes de 12,25 centimètres de moins de 90 milliwatts par cm^2 ont une durée de vie significativement moindre que les rats témoins normaux. La durée de vie est diminuée de 20% à 50% de la normale. Ces constatations impliquent des temps d'exposition de 10 à 15 minutes, et un jour à une semaine entre les expositions des jeunes rats. Les animaux exposés ne semblent pas anormaux, si ce n'est que durant les quelques premiers mois après l'exposition il y a une plus grande variation dans la température corporelle quotidienne, et que dans les mois successifs il y a des signes de sénilité précoce tels

que le poil gros, une mobilité musculaire moins souple, et d'autres signes du même caractère.

La connaissance des radiations électromagnétiques thermogéniques esquissée ici représente seulement une portion de ce que l'on a trouvé dans les deux dernières décades, étant choisie pour sa succession méthodique et son intérêt plus commun.

Jusqu'à très récemment, les hommes et les autres animaux sur notre planète ont été soumis seulement aux rayonnements du soleil, après que ses radiations ont été filtrées dans l'atmosphère supérieure. Ces rayons comprennent la lumière visible, les rayons ultraviolets, infra-rouges et cosmiques. Maintenant l'homme a acquis la possibilité d'aller au-dessus de l'atmosphère et s'est exposé à d'autres rayons que ceux du soleil, et il a développé d'autres radiations électromagnétiques sur la terre, à la fois ionisantes et thermogéniques.

Chaque seconde, notre soleil détruit 657 millions de tonnes d'hydrogène solaire pour produire et émettre environ 3,8 10^{26} watts continus moyens d'énergie. Dans le cycle protonique du soleil, les protons heurtent des protons pour former du deutérium, des neutrinos et des positrons. Les positrons entrent en collision avec des électrons pour former les rayons gamma. Les rayons gamma se déplaçant du centre de notre soleil vers la surface déplacent des électrons de leur orbite et mettent en mouvement de la matière ionisée afin de créer des émissions secondaires du spectre électromagnétique entier, y compris les multiples radiations thermogéniques.

Les générateurs de micro-ondes du type utilisé de nos jours dans les transmetteurs radar et de télévision, et les générateurs beaucoup plus puissants envisagés pour l'avenir proche, engendrent plusieurs types de radiations qui présentent des risques potentiels pour la vie ou la santé du personnel. Ces radiations incluent non seulement les micro-ondes elles-mêmes, mais aussi les rayons X et de petites quantités de radiation ultraviolette. Les risques biologiques offerts par ces derniers types de radiation sont bien connus et justement estimés. La protection contre ces radiations dangereuses est essentiellement une affaire de bon engineering dans la conception. La nature et l'étendue du risque possible p ésenté par les micro-ondes est établie, mais moins bien. Parce qu'employées, il est essentiel de se rendre compte qu'un risque pour la santé existe et quelle peut être la nature et l'ampleur de tout risque de cette sorte.

La différenciation exacte entre les ainsi dites UHF, ou ondes radio de fréquence ultra-haute, et les micro-ondes est une question de définition et d'usage. Conformément à l'usage courant, les micro-ondes sont celles qui s'étalent de 1 mm à 300 cm dans leur longueur d'onde. Diverses bandes d'ondes utilisées dans les radars, dans les téléphones à longue distance et dans les relais de signaux TV sont comprises dans le groupe des micro-ondes. Cependant, les bandes d'intérêt par rapport aux risques physiologiques sont celles se situant entre 300 cm et 1 cm de longueur d'onde. Puisque toutes les ondes électromagnétiques ont une vitesse de 3 10^{10} cm par seconde, ces longueurs d'onde correspondent à des fréquences de 100 à 30.000 mégacycles par seconde (Mc/sec) respectivement. Quoique les ondes de 100 Mc ne soient pas des micro-ondes conformément à l'usage électronique actuel, elles doivent être considérées ensemble avec les micro-ondes, pour ce qui a trait aux risques physiologiques.

Il y a des problèmes pour l'établissement du dosage effectif. Même après avoir mesuré la radiation à laquelle un sujet a été exposé, le problème n'est pas entièrement résolu. Tous les sujets ne sont pas affectés par les radiations thermogéniques de la même manière. La fréquence de la radiation est un facteur important, ainsi qu'on l'a décrit précédemment. A certaines fréquences, des individus avec des couches épaisses de graisse sous-cutanée adsorbaient aisément la radiation, alors qu'à d'autres fréquences cette zone graisseuse est un isolant partiel. Les fréquences ultra-hautes traversent partiellement le corps et la perte varie avec la fréquence.

Avec les micro-ondes le problème implique encore davantage de difficultés. Une petite fraction de l'énergie des micro-ondes est réfléchie à la surface, en fonction des différentes surfaces du corps, de la polarisation de l'énergie et des conditions de la zone entre le générateur et le sujet. L'énergie des micro-ondes est directement adsorbée à travers la peau et les tissus sous-jacents, mais la circulation du sang modifie l'élévation de température réelle et théorique à l'intérieur de l'organisme.

Encore que les propriétés diélectriques des tissus du corps soient bien connues et aient été mesurées avec une précision considérable, on ne peut pas prédire avec précision les effets des radiations thermogéniques sur un individu, dans l'ignorance de son poids, de sa superficie et de sa silhouette, de même que dans l'ignorance de la radiation spécifique utilisée. Lorsqu'on s'occupe d'effets non thermiques ou « athermiques », le problème a même une plus grande complexité. A l'heure actuelle, on ne connaît même pas les effets à long terme de celles-ci sur les êtres humains.

Bien que nous soyons devenus compliqués dans les domaines de la radio et de l'électronique, une dosimétrie précise et reproductible des radiations va occuper les chercheurs pendant les quelques années à venir, spécialement dans le domaine des longueurs d'onde de 3 mètres jusqu'à une fraction de millimètre. Les conditions de risque sont complexes au niveau de la terre et elles deviennent plus complexes lors des voyages dans l'espace extérieur, où des niveaux à haute puissance pour les communications seront ajoutés au fond de puissance émis par le soleil. Des dosimètres individuels miniatures doivent constituer la solution pour l'espace extérieur et sur le sol.

La nécessité d'un petit dosimètre individuel pour les micro-ondes et les ondes radar est plutôt rigoureuse. Il doit être relativement non atténué afin de saisir une large bande de fréquences, sauf dans des cas spéciaux où l'environnement n'a qu'une seule fréquence de micro-onde. Il doit être non-directionnel et répondre à des ondes continues ou pulsées dans la plupart des cas. Il doit mesurer l'énergie de champ réelle dans la majorité des situations, mais il est nécessaire qu'un certain type de dosimétrie réponde à l'énergie accumulée au cours d'une période de temps d'une façon additive. Egalement, il doit être assez petit pour se loger dans la poche d'une chemise ou d'une veste et avoir un signal acoustique et un lecteur visuel à la fois.

Jusqu'ici aucun dosimètre n'a été développé qui réponde à toutes ces spécifications, mais nombre de dosimètres utilisables ont été développés qui remplissent beaucoup ou la plupart de ces exigences.

Il y a un certain degré de désaccord entre les chercheurs des diverses nations concernant le dosage autorisable et le dosage inoffensif pour les fréquences des micro-ondes thermogéniques. Il y a ample accord, cependant, qu'un champ de 10 milliwatts par cm^2 est acceptable pour des expositions humaines très

courtes, et que 1 milliwatt par cm^2 est acceptable pour des expositions jusqu'à 8 heures, sur la base de nos connaissances actuelles. Le mot acceptable ne veut pas réellement dire inoffensif, et le plus grand désaccord à trait au niveau d'inocuité. Un niveau d'inocuité a été et sera difficile à établir. Il est plus facile de démontrer un dommage. Egalement, même la lumière visible du soleil est un taux acceptable, mais ce n'est pas un taux de totale inocuité. En bref, même la lumière solaire peut être nocive pour l'organisme humain.

Carbondale, Southern Illinois University.

A. W. Richardson

(Traduit par B. Bizzini - Neuilly-sur-Seine)

LA SIGNIFICATION BIOLOGIQUE DES ÉLECTRO-AÉROSOLS

Les charges électriques unipolaires sur les particules d'aérosol résultent en une meilleure homogénéité et stabilité de l'aérosol et en de meilleures caractéristiques de pénétration et de dépôt dans le tractus respiratoire. De plus, il y a certains effets biologiques, dont certains avec un potentiel thérapeutique apparent. Une explication des différences entre les ions de l'air et les électro-aérosols succède à une discussion des problèmes techniques et autres en électro-aérosologie. La revue qui se fonde sur 110 *références conclut par la recommandation d'inclure les mesures des conditions électriques de l'atmosphère dans la définition du temps et de poursuivre l'étude du potentiel thérapeutique des électro-aérosols.*

INTRODUCTION. — On peut faire remonter les observations d'une relation de cause à effet entre le climat ou le temps et le bien être de l'homme à la première littérature médicale. Les effets nuisibles de certaines conditions saisonnières du temps telles que le Föhn dans les Alpes, le Sirocco et le Chamsin dans la zone méditerranéenne, le Santanna en Californie du Sud, et le Chinook dans les Montagnes Rocheuses sur le comportement et la santé sont bien connus à la population de ces territoires. Les effets bénéfiques apparents du climat de certaines régions ont conduit au développement de « spas » et de « Luftkurorte » qui jouissent d'une popularité considérable en Europe. La littérature professionnelle abonde en rapports sur les effets des facteurs météorologiques sur diverses fonctions physiologiques et une branche de la science comparativement nouvelle, la biométéorologie, est consacrée à l'étude de ces phénomènes.

On définit habituellement le temps par les trois paramètres conventionnels de la température, de la pression barométrique, et de l'humidité relative. A quelques exceptions d'une importance uniquement historique, les conditions électriques de l'atmosphère en tant que facteur d'environnement n'ont été reconnues qu'à l'avènement de ce siècle. A cette époque, les ainsi dits ions de l'air ont commencé à stimuler l'intérêt de plusieurs chercheurs. Le travail subséquent a apporté la preuve que ces ions de l'air exercent certains effets biologiques, ce qui suggéra leur application thérapeutique en clinique humaine. Les travaux de Dessauer [1] en Allemagne et Tchijevsky [2] en U.R.S.S. introduisirent ce domaine nouveau, encore que relativement peu connu, dans la thérapie par inhalation.

Les ions de l'air sont des charges électriques qui peu après leur génération s'attachent aux particules submicroscopiques toujours en suspension dans l'air en grande quantité (l'air réputé pur des campagnes contient une moyenne d'approx. 4000 particules/ml d'air; dans les villes industrialisées le comptage peut s'élever à plusieurs millions de particules/ml) ou ils peuvent adhérer à des conglomérats gazeux instables. A proximité du sol, les ions atmosphériques sont engendrés primairement par les substances radioactives dans le sol. Leur désintégration aboutit à l'émission d'un rayonnement ionisant. Dans l'atmosphère supérieure, le rayonnement cosmique est principalement respon-

sable de la production des ions dans l'air. Les concentrations en ions de l'air dans l'atmosphère varie d'une manière typique entre 500 et 2000 ou plus ions/ml avec un rapport d'environ 5 : 4 en faveur des ions chargés positivement. Cependant, ces valeurs peuvent varier considérablement en fonction du temps et de la région, de même qu'en fonction des facteurs d'environnement, telle que l'humidité relative, les précipitations, le nombre de particules contaminantes, etc. Un ion typique de l'air porte entre 1 et 6 charges électroniques [3, 4] (1 charge électronique 1,6 10^{-19} coulombs). On a décrit une variété de systèmes pour la production d'ions de l'air en densités de plusieurs milliers jusqu'à plusieurs centaines de milliers d'ions unipolaires/ml [5, 8]. En général, on fait la différenciation entre ions petits, intermédiaires, et grands ou de Langevin, conformément à leur mobilité dans un champ électrique défini (Tableau 1).

TABLEAU 1

Désignation	*Diamètre en* μ	*Mobilité moyenne en cm/sec dans un champ de 1 V/cm*
Grand ions	0,03 - 0,10	0,005
Ions intermédiaires	0,003 - 0,03	0,5
Petits ions	0,001 - 0,003	1,0

Une fois que le potentiel thérapeutique des ions de l'air fut devenu apparent, une combinaison des effets physiologiques des ions de l'air avec les effets bienfaisants notoires des aérosols conventionnels s'imposa d'elle-même. Ce développement conduisit à l'évolution de la thérapie par électro-aérosol (E.A.T.) [9, 13].

Je vais maintenant discuter brièvement les caractéristiques principales des électro-aérosols, la base scientifique de leur application médicale et leur rôle en tant que modalité thérapeutique.

EFFETS PHYSIQUES ET BIOLOGIQUES DES CHARGES ÉLECTRIQUES UNIPOLAIRES SUR LES AÉROSOLS. — Lorsque les gouttelettes d'un aérosol acquièrent une charge électrique unipolaire, elles déploient certaines caractéristiques physiques et des effets biologiques qui sont résumés dans le tableau 2.

L'effet répulsif des charges électriques de ce type réduit le nombre de collisions entre gouttelettes. Les collisions aboutissent souvent à l'agglutination et à la formation de gouttelettes plus grandes. Ces gouttelettes plus grandes sédimentent plus rapidement que les plus petites. Des vitesses de sédimentation différentes résultent en davantage de collisions qui, à leur tour, conduisent à davantage de gouttelettes et même plus grandes, etc. L'évaporation contribue également à la non-homogénéité des aérosols. Les goute-

lettes les plus petites s'évaporent plus vite que celles plus grandes non seulement à cause de leur surface relative plus grande, mais aussi grâce à la pression de vapeur accrue qui est inversement proportionnelle au rayon de la gouttelette [14]. Cette évaporation peut saturer l'atmosphère autour des gouttelettes les plus grandes et causer de la condensation sur ces dernières. Les charges électriques diminuent la pression de vapeur des gouttelettes et empêchent ainsi leur évaporation. De ce que l'on vient de dire, il devient manifeste que les électro-aérosols sont plus homogènes et plus stables que les aérosols comparables non chargés.

TABLEAU 2

EFFETS DES ÉLECTRO-AÉROSOLS

Effets physiques

1) Meilleure homogénéité
2) Meilleure stabilité
3) Meilleure pénétration et meilleur dépôt dans les poumons

Effets physiologiques

Effets locaux

1) Cils
2) Ecoulement de mucus
3) Muscles lisses
4) Enzymes cellulaires
5) Serotonine

Effets centraux

SNC } par action
SNA } neuro-hormonale

D'autres caractéristiques physiques importantes des électro-aérosols sont leur meilleure pénétration et leur meilleur dépôt dans le tractus respiratoire [15, 18] qui suggèrent leur emploi comme un véhicule supérieur pour les médications à administrer par inhalation.

Des considérations physiques seulement justifieraient ainsi une préférence pour les électro-aérosols sur les aérosols non chargés. Cependant, d'une beaucoup plus grande signification pour le biologiste, le physiologiste et le médecin sont les effets biologiques des charges électriques.

Le brillant travail de Krueger et de ses collaborateurs à l'University of California à Berkeley a largement contribué à l'élucidation de l'action biologique des ions de l'air. Une revue de ses découvertes dépasserait la portée de cette publication et a été fournie autre part [10]. Un bref résumé doit suffire ici. Pour les détails, je renvoie à la littérature [19, 36].

Krueger et ses collaborateurs ont trouvé une stimulation statistiquement significative et reproductible de l'activité ciliaire dans la trachée du lapin, de la souris, du cobaye, du rat, des primates et de l'homme exposés à des ions de l'air négatifs. Les cils sont ces millions de saillies capillaires qui revêtent le tractus respiratoire. Ils battent à une certaine vitesse et selon un certain rythme

qui résulte en une action ondulatoire qui enlève de façon très efficace les particules du système respiratoire suivant un mécanisme d'escalator. Les ions positifs de l'air diminuaient ou arrêtaient l'action ciliaire, desséchaient la muqueuse trachéale, abaissaient ou suspendaient le flux de mucus, rendaient la surface de la trachée extrêmement vulnérable aux traumatismes mécaniques et causaient des spasmes des muscles lisses de la trachée. Les ions négatifs avaient des effets opposés et contre-balançaient l'action de l'ionisation positive de l'air. Un travail ultérieur de Krueger a montré que les ions négatifs accélèrent la ré-oxydation du cytochrome C réduit, une enzyme importante de la cellule, et le catabolisme de la 5-hydroxytryptamine ou sérotonine. La sérotonine est une substance chimique de l'organisme posssédant de nombreux effets physiologiques locaux et centraux. Entre autre, elle est libérée dans le tissu inflammatoire, provoque la douleur jusqu'à des dilutions de $1 . 10^{-8}$ g/ml, et semble être impliquée dans les réactions allergiques. La stimulation des cils et l'écoulement du mucus, la liquéfaction des sécrétions bronchiques visqueuses par le mucus aqueux, et le relâchement des spasmes trachéobronchiques ainsi que rapporté par Krueger débouchent dans une hygiène bronchique améliorée. Un nettoyage significatif et parfois dramatique des poumons est en effet l'un des résultats les plus conséquents et les plus impressionnants de l'E.A.T. dans les maladies respiratoires. Le travail de Krueger a ainsi fourni une documentation scientifique supplémentaire et des données quantitatives importantes pour une thérapeutique dont l'efficacité est connue des médecins praticiens depuis de nombreuses années. L'effet des ions de l'air sur le métabolisme de la 5-hydroxytryptamine peut fournir un indice quant au mode d'action de l'E.A.T. dans les conditions allergiques et de celui des ions de l'air chez les grands brûlés. Un travail plus récent de Krueger a démontré une stimulation reproductible et statistiquement significative de la croissance des semences de l'avoine (*Avena sativa*) et des semences de l'orge (*Hordeum vulgare*) cultivées par interaction des ions de l'air avec les cytochromes et d'autres enzymes cellulaires. Kotaka, sous la direction de Krueger, a décrit l'effet des ions de l'air sur la croissance des vers à soie (*Bombyx mori*).

Nombre d'autres chercheurs ont rapporté des effets également intéressants des ions de l'air ou des électro-aérosols sur diverses fonctions biologiques.

Worden, par exemple, a observé une diminution à 5 pour cent de la norme dans l'incidence des spores de moisissures dans l'atmosphère sous ionisation négative [37]. Les temps de prolifération des cultures cellulaires étaient aussi affectés [38, 39]. La capacité en CO_2 du plasma et le pH du sang de hamster augmentaient lorsque exposés aux ions négatifs [40, 41].

Fürst a trouvé que les ions de l'air inhibaient la croissance de Neurospora [42].

Etayant des résultats allemands antérieurs avec les électro-aérosols [43], Sokoloff a observé un effet inhibiteur des ions de l'air sur le développement des tumeurs spontanées et inoculées [44, 45].

Rinfret et Wexler ont décrit l'effet des ions de l'air sur les glandes pituitaire et surrénale du rat [46, 47]. L'activité succinoxydasique dans les glandes surrénales décroissait sous ionisation positive suivant Nielsen et Harper [48]. Holloway a trouvé des effets sur la croissance et le poids et sur les taux de cholestérol et d'acide ascorbique dans les glandes surrénales du rat [49]. Des rats exposés à l'air ionisé ont également révélé une activité physique accrue, ainsi que rapporté par Herrington et Smith [50] et par Stanley [51]. Pratt et

Barnard ont observé une production diminuée de pénicilline, lorsque *Penicillium notatum* était exposé à des ions de l'air [52].

L'effet des ions de l'air sur la psyché, le comportement, et le temps de réaction de l'homme a été décrit indépendamment par plusieurs chercheurs [53, 55].

Duffee au Battelle Memorial Institute à Columbus, Ohio, a trouvé une capacité à l'apprentissage et à l'exécution accrue chez des rats exposés à l'air ionisé [56]. L'effet était plus prononcé chez les rats âgés que jeunes.

Von Wasielewski et ses collaborateurs, employant des électro-aérosols à l'Université Gutenberg à Mayence, Allemagne de l'Ouest, rapportent des changements morphologiques réversibles dans les noyaux de la cellule de la zone fasciculée du cortex surrénalien. Comme mode d'action, les auteurs suggèrent un effet central sur l'hypophyse. Les électro-aérosols chargés négativement ont le même effet sur ces noyaux que la prostigmine; les modifications provoquées par les électro-aérosols positifs sont identiques à un effet adrénalinique [57]. Il est intéressant de noter sous cet angle que la zone fasciculée produit les glucocorticoïdes, hormones qui assurent la régulation du métabolisme des hydrates de carbone, des protéines et des graisses. Indépendamment des découvertes du groupe de von Wasielewski, Frey a suggéré un effet stimulant des ions négatifs sur les glucocorticoïdes et soit une stimulation des minéralocorticoïdes ou une suppression des glucocorticoïdes par les ions positifs de l'air [58].

Bisa a démontré un effet reproductible et statistiquement significatif des électro-aérosols sur la fréquence de fusion intermittente [59].

D'autres chercheurs ont rapporté des effets des ions de l'air ou des électro-aérosols sur la pression sanguine [60, 70], sur la composition du sang, [69, 71-75], la vitesse de sédimentation [72, 76] et le métabolisme [64, 69, 77, 78].

Problèmes en Electroaérosologie. — La revue précédente n'a pas la prétention d'être complète, mais elle peut servir à montrer les potentialités intéressantes de ce domaine. Une revue critique ne doit pas manquer à signaler, cependant, que les standards scientifiques de certains compte-rendus, particulièrement dans la littérature ancienne, sont ouverts à la critique. Dans d'autres cas, les chercheurs ont rapporté être incapables de reproduire certains des résultats publiés. Cela a incité plus d'un observateur fortuit à conclure que les effets biologiques des changements électriques de l'atmosphère sont pour le mieux non prouvés. Cependant, un examen plus soigneux de la complexité des facteurs impliqués montre qu'on peut difficilement s'attendre à l'unanimité des résultats. Les aérosols sont des systèmes plutôt instables. Chaque particule individuelle est exposée à une multitude de forces qui affectent le comportement de l'aérosol. Pour s'en assurer, les processus individuels et leurs effets peuvent être définis avec une grande précision par un modèle mathématique basé sur certaines suppositions. L'ennui c'est qu'en réalité agissent tellement de facteurs intangibles sur l'aérosol, qu'il change continuellement et de façon non prévisible. La méthode de préparation, le degré d'hétérogénéité, la dimension et la densité des particules, les courants d'air, les charges électriques sur les particules, les champs électriques dans l'atmosphère, la température, l'humidité relative, les propriétés physiques et chimiques de la phase gazeuse et dispersée sont quelques-uns des facteurs en question

[14, 79-91]. Cela signifie que deux aérosols, même si produits et maintenus dans des conditions apparemment égales, ne sont jamais identiques. Chaque aérosol a son caractère individuel propre qui change constamment. La reproductibilité exacte est, par conséquent, un but plutôt insaisissable. Ce problème est combiné à une autre multitude de facteurs intangibles, ce qui a contrarié les chercheurs étudiant la pénétration, le dépôt et le transfert des substances inhalées et leurs effets chez l'homme et chez les animaux d'expérience. Dernière, mais pas la moindre, l'électroaérosologie, en tant que domaine jeune et en évolution de la science, est caractérisée par le manque de standardisation de l'équipement de production et de mesure. Ce fait en soi rend parfois difficile de relier les résultats de différents chercheurs utilisant différentes méthodes, différents critères et un équipement différent. Des difficultés supplémentaires sont introduites par le fait que l'action des ions de l'air défie souvent toute définition. Sur certains systèmes physiologiques, les ions de l'air positifs et négatifs ont des effets opposés, sur d'autres ils agissent en synergie, ou seuls les ions positifs ou seuls les ions négatifs sont efficaces. Il est compréhensible que cela est troublant, mais le fait que l'on ne peut pas expliquer certains phénomènes ne les rend pas moins existants.

La discussion précédente a pour dessein de contribuer à une meilleure compréhension des problèmes inhérents à l'électro-aérosologie et de regarder les faits rapportés dans la perspective convenable. En résumé, on peut dire qu'il y a plus d'indications scientifiquement solides dans la littérature que la majorité des critiques n'en sont conscients.

Ions de l'air et Electro-aérosols. — Les termes d'électro-aérosol et d'ions de l'air ont été employés de façon répétée et ils peuvent avoir besoin de quelque clarification. Les aérosols sont des particules liquides ou solides, habituellement de moins de 20 μ de diamètre, qui sont dispersées dans un gaz ou un mélange de gaz. Les ions de l'air sont ainsi des électro-aérosols par définition. Cependant, l'usage conventionnel tend à réserver le terme d'électro-aérosol pour les systèmes caractérisés par des micro-gouttelettes chargées, tandis que le terme d'ions de l'air se rapporte à des systèmes décrits dans l'introduction. L'agent biologiquement efficace dans les deux systèmes est le même, à savoir la charge électrique. Cependant, des différences significatives dans la taille et les propriétés physico-chimiques rendent compte du comportement et de l'efficacité thérapeutique différents des deux systèmes.

Seuls les ions petits et intermédiaires sont biologiquement efficaces. Leur concentration est inversement proportionnelle à l'humidité relative ambiante et au nombre de particules contaminantes dans l'air qui provoquent leur transformation en des ions grands ou de Langevin inefficaces. Krueger dut prendre des précautions compliquées pour démontrer les effets quels qu'ils soient des ions de l'air. Il conduisit ses tests dans de petites cages ioniques, fermées, spécialement dessinées, avec de l'air standardisé soigneusement épuré [31]. On ne peut pas atteindre ces conditions idéales dans une clinique. Les électro-aérosols n'ont pas ces handicaps.

Les gouttelettes d'électro-aérosols ont des diamètres de 0,5 à 5 μ, ce qui est l'optimum pour leur pénétration et leur dépôt dans les poumons. Les diamètres des petits ions de l'air varient de 0,001 à 0,003 μ. Possédant très peu de masse et de poids, ils sont très sensibles même au plus léger courant

d'air (systèmes de conditionnement d'air et de chauffage, tirage d'air, courants de convection, etc.) et aux champs électriques environnants. Les gouttelettes de l'électro-aérosol sont énormes en comparaison des ions de l'air. Dans le système de Küster-Barthel, elles sont propulsées vers leur cible à une pression d'air d'environ 45 p.s.i. (3 atm.) qui leur confère une stabilité directionnelle supplémentaire. Ils sont donc beaucoup moins sensibles à l'interférence de l'environnement.

Les gouttelettes aqueuses des électro-aérosols semblent être un véhicule beaucoup plus avantageux pour la charge électrique que les particules submicroscopiques solides des ions de l'air. Cette affirmation est basée sur le fait que l'inhalation des aérosols en soi - c'est-à-dire sans charge électrique - est une thérapeutique largement employée et efficace. La thérapie par électro-aérosol combine ainsi deux agents thérapeutiquement actifs, la charge électrique et l'aérosol lui-même. De plus, le choix d'une phase liquide appropriées (eau, solution saline hypotonique, isotonique, hypertonique pour la thérapie non spécifique, les solutions médicamenteuses pour la thérapie spécifique, comme dans la tuberculose) facilite la flexibilité de la thérapeutique que ne permet pas les ions de l'air.

Un ion de l'air porte entre 1 et 6 charges électronique. Une gouttelette typique d'électro-aérosol peut porter bien plus de 1000 charges électroniques. Les électro-aérosols, par conséquent, produisent des potentiels de charge dans l'espace considérablement plus élevés que les ions de l'air [92, 93]. Cela résulte en une « dose » significativement plus élevée de charges électriques au niveau de leur impact sur la membrane muqueuse.

Ceux-ci et probablement d'autres facteurs peuvent expliquer la plus grande dimension et la plus longue durée des effets physiologiques des électro-aérosols en comparaison des ions de l'air [13, 59, 68, 94].

Application des électro-aérosols et des ions de l'air en clinique humaine. — Les effets sur l'activité ciliaire, le spasme trachéo-bronchique et la sécrétion du mucus, l'action sur les taux en hormones et en enzymes, sur la pression sanguine et sa composition, et sur d'autres fonctions physiologiques ont de façon évidente des implications médicales. C'est pourquoi il n'est pas surprenant de trouver nombre de communications décrivant les résultats cliniques par inhalation des ions de l'air produits artificiellement ou des aérosols chargés électriquement dans diverses conditions respiratoires ou autres. Un examen montre que l'E.A.T. seulement, à l'exclusion de l'aéroionothérapie, a été administrée à un nombre de malades estimé à un million dans 15 pays depuis son introduction il y a quelque 30 ans. Une revue de ce domaine et une description technique des systèmes d'électro-aérosol est en dehors de la portée de cet exposé et on pourra la trouver ailleurs [9, 10]. Quelques commentaires généraux doivent suffire ici.

L'E.A.T. a un effet local sur le tractus respiratoire qui en fait une thérapie complémentaire utile ou même la thérapeutique de choix dans diverses affections respiratoires tels que l'asthme, diverses formes de bronchite, les infections des voies respiratoires supérieures, les pneumoconioses, les infections et les conditions allergiques des zones nasales et paranasales, les bronchiectasies, les mucoviscidoses, et autres. Les constatations les plus spectaculaires sont un nettoyage souvent dramatique des poumons, même dans des cas graves et résistants

à la thérapeutique, une amélioration clinique et subjective significatives de la majorité des malades et la durée relativement longue de l'effet thérapeutique, généralement de l'ordre de six mois. Thews, médecin-chef des mines Hannover Hannibal à Bochum, Allemagne, écrit dans sa contribution au livre de Lange « Bekämpfung der Silikose » qu'il « se considère heureux d'avoir dans la E.A.T. une thérapie disponible qui autorise un traitement décisif et victorieux particulièrement des conditions symptomatiques associées à la pneumoconiose » [95]. A plusieurs reprises (1952, 1955, 1963, 1965) j'ai eu l'occasion de visiter et d'inspecter un certain nombre des plus grands centres d'électro-aérosologie d'Allemagne et de discuter de l'E.A.T. avec leurs directeurs médicaux représentant une expérience de plusieurs centaines de milliers de traitements. Leurs commentaires ont été de façon unanime positifs. Niemöller, directeur médical de DEGUSSA à Francfort, par exemple, considère l'E.A.T. comme la thérapeutique de choix dans les pneumoconioses [96] et comme un adjuvant précieux dans les autres conditions [75].

Il y a énormément de preuves cliniques et quelques preuves expérimentales que l'E.A.T. exerce non seulement un effet local sur le tractus respiratoire, mais qu'elle affecte aussi le système nerveux central et autonome qui règle, par action neuro-hormonale, les nombreuses fonctions involontaires de l'organisme, telles que la pression sanguine, le péristaltisme des intestins, la transpiration, etc. [10, 57, 59, 68, 70, 97, 98]. L'indication de l'E.A.T. dépasse par conséquent, du moins en Europe, les conditions respiratoires et comprend diverses manifestations des troubles autonomes, les « vegetative Dystonien » des auteurs allemands. Dans au moins deux instituts, l'E.A.T. est utilisée de façon routinière comme thérapeutique d'appoint dans la tuberculose pulmonaire [69, 99]. Les chercheurs à l'Université Charles de Prague, Tchécoslovaquie, ont développé une nouvelle technique en chargeant négativement le malade durant l'inspiration et positivement durant l'expiration [100]. Ils prétendent qu'il y a une pénétration et un dépôt accru de l'électro-aérosol dans les poumons.

TABLEAU 3

Statistique du Electro-Aerosol Therapy Center de Plano, Texas, pour 1964

Traitements administrés		2.930	
Nombre de malades traités		214	
Malades non évalués			
a. Cas expérimentaux	10		
b. Traitements interrompus	29		
Nombre de malades évalués		175	(100%)
Résultats			
Excellents		53	(30,3%)
Bons		74	(42,3%)
Satisfaisants à moyens		35	(20,0%)
Discutables ou sans résultat		13	(7,4%)

L'évaluation a été basée sur les constatations cliniques et les déclarations des malades pour une période couvrant 3 mois après la conclusion des traitements. Pour détails, cf. référence 13.

Encouragé par la littérature et par mes observations personnelles, j'ai introduit l'E.A.T. aux Etats-Unis en établissant en coopération avec les médecins du lieu plusieurs E.A.T. Centers à l'intérieur et à la périphérie de Dallas, Texas. Le premier centre entra en action en Novembre 1961. Tous les centres utilisaient les systèmes d'électro-aérosol du type Küster-Barthel. Entre cette époque et Juin 1967, près de 1000 malades avaient reçu approximativement 10.000 traitements, généralement avec des résultats encourageants [12, 13, 101, 102]. Nos constatations sont en bon accord avec les rapports de nos collègues européens. Les tableaux 3 et 4 fournissent les statistiques représentatives pour l'année 1964. Dans les cas chroniques, nous administrons habituellement une série de 20 traitements de 45 minutes chacun, en utilisant une solution de NaCl à 1,2% comme phase liquide. Les cas aigus sont traités jusqu'à ce que les symptômes cèdent, ce qui exige généralement 3 à 5 traitements. La Figure 1 montre une chambre d'inhalation du E.A.T. Center à Plano, Texas. Pour une description plus détaillée de nos procédés de traitement, l'évaluation des malades et des données techniques, je dois renvoyer à la littérature [10, 13].

TABLEAU 4

Cas traités à
*l'Electro-Aerosol Therapy Center de Plano en 1964**

Asthme	80
Bronchite	
Bronchite asthmatique	10
Bronchite chronique, semi-aiguë et récurrente	16
Bronchite aiguë	4
Trachéo-bronchite	1
Emphysème pulmonaire	23
Bronchiectasie	5
Empyème	3
Atelectasie	1
Laryngite	2
Pharyngite	1
Toux persistente, non productive	15
URI	16
Conditions nasales**	73
Fibrose cystique	2
	252

* Les cas rapportés avec deux ou plusieurs diagnostics sont enregistrés conformément, expliquant la différence entre 252 cas et 214 malades traités. Aucune tentative n'a été faite à l'Electro-Aerosol Therapy Center pour définir davantage ou classer le diagnostic d'un malade, à l'exception des « conditions nasales ». Les diagnostics sont enregistrés comme donné dans la référence, expliquant les catégories chevauchantes, de même que les déviations de la nomenclature clinique standard.

** La catégorie « conditions nasales » comprend les mentions rhinite chronique ou aiguë et/ou sinusite d'origine allergique et/ou infectieuse, « congestion nasale chronique », « maux de tête des sinus » et « écoulement post-nasal ».

Le travail de pionnier de Kornblueh et de son groupe à Philadelphie avec la thérapie par les ions de l'air mérite une mention spéciale ici [94, 103, 104]. Tandis que les électro-aérosols apparaissent être considérablement plus efficaces dans les affections respiratoires et dans les conditions allergiques, les ions de l'air ont trouvé une application unique dans le traitement des grands brûlés et des troubles post-opératoires [105, 109].

Conclusion. — L'analyse raisonnée des effets biologiques des charges électriques semble logique. Des progrès plus récents en cytologie et en biologie moléculaire ont élucidé le rôle des potentiels bio-électriques dans le métabolisme et la physiologie de la cellule. Cela va sans dire que les changement dans l'environnement électrique de la cellule - que ce soit sous la forme d'ions de l'air, d'électro-aérosols, ou de champs électriques - peuvent avoir certaines répercussions sur ces fonctions.

Durant ces dernières quarante années bien plus d'un millier de communications de laboratoires de recherches, d'universités, et de médecins dans diverses parties du monde ont décrit les effets biologiques de l'électricité atmosphérique sous la forme d'ions de l'air, d'électro-aérosols ou de champs électriques naturels ou produits artificiellement. A la vue de ces découvertes, il est surprenant qu'à l'époque actuelle le temps soit encore défini par les paramètres traditionnels de la température, de la pression barométrique, et de l'humidité relative, en négligeant complètement les conditions électriques de l'atmosphère. Robinson et Dirnfeld en Israël, par exemple, ont trouvé un changement significatif du nombre et du rapport des ions de l'air 10 heures avant que les autres paramètres n'indiquent l'approche de fronts météorologiques [110]. Cela suggère que les ions de l'air peuvent fournir de précieuses informations adjuvantes pour une prévision plus précise et plus étendue du temps. C'est pourquoi je propose des études pour explorer les corrélations entre le nombre et le rapport des ions de l'air, les champs électriques atmosphériques, et les autres paramètres météorologiques. De plus, les données sur l'électricité atmosphérique devraient être incluses, dans la routine, dans les bulletins météorologiques.

Une solide expérience clinique favorable dans des centaines de milliers de cas et une évidence scientifique croissante recommandent l'E.A.T. en tant qu'aide efficace, sûre, intensivement éprouvée et bien documentée pour la rééducation en particulier des malades des voies respiratoires. Une statistique du Department of Health, Education, and Welfare révèle qu'il y a plus de 10 millions de malades emphysémateux aux Etats-Unis. Plus de 1 million d'employés reçoivent les prestations de la sécurité sociale pour un total de presque $ 68 millions mensuellement à cause d'une incapacité totale due à l'emphysème pulmonaire. De plus, on estime au chiffre de 3 à 5 pour cent de la population totale (5 1-2 à 10 millions) les personnes souffrant d'asthme de gravité suffisante pour entraîner une incapacité totale ou partielle. Le nombre de malades avec des bronchites chroniquement graves ne peut pas être estimé. En parlant d'une manière conservative, il y a bien plus de 20 millions d'individus aux Etats-Unis souffrant d'affections pulmonaires chroniques à divers degrés. Ces chiffres foudroyants ne représentent pas seulement une quantité tragique d'humains souffrant, mais aussi un fardeau significatif pour l'économie nationale. La pollution de l'air, considérée jadis comme

un hasard professionnel se limitant aux mineurs à d'autres travailleurs chroniquement exposés à la poussière, est devenu un problème national. Les potentialités de l'E.A.T. dans ces domaines offrent un défi et une occasion au savant et au clinicien que, semble-t-il, nous pouvons mal nous permettre d'ignorer.

Plano, University of Plano, Department of Science.

A. P. WEHNER

(Traduit par B. Bizzini - Neuilly-sur-Seine)

BIBLIOGRAPHIE

[1] DESSAUER F. - *Zehn Jahre Forschung auf dem physikalisch medizinischen Grenzgebiet.* G. Thieme Verlag, Leipzig, 1931.

[2] TCHIJEVSKY A. L. - *Aeroionization in the national economy.* Gosplomizdat, Moscow, 1960. (Review in Russian with 879 references).

[3] LOEB L. B. - *Fundamental processes of electrical discharge in gas.* J. Wiley & Sons, Inc., New York, N.Y. 1939.

[4] KINGDON K. H. - *Possible biological effects of electrically charged particles in tobacco smoke.* Nature, *189*, 180 (1961).

[5] KNOLL M. et al. - *Properties, measurements, and bioclimatic action of small multimolecular atmospheric ions. Advances in Electronics and Electron Physics. 19*, 177-254 (1964). (Review with 377 references).

[6] MARTIN T. L. - *Ion generator using radioactive material.* U.S. Patent # 2785312, March 12, 1957.

[7] MARTIN T. L. - *Apparatus for generating ions in the atmosphere.* U.S. Patent # 2850641, Sept. 2, 1958.

[8] HICKS W. W. - U.S. Patents # 2.579.399; # 2.589.613; # 2.594.777; # 2.640.158.

[9] WEHNER A. P. - *Electro-Aerosol Therapy.* Am. J. Phys. Med. *41*, No. 1, 24-40 (Feb. 1962); *ibid*: # 2, 68-86 (April 1962). (Review with 130 references).

[10] WEHNER A. P. - *Die Entwicklung der Electroaerosologie in den USA.* Zschr. biol. Aerosol Forsch., *13*, 1-38 (1966).

[11] WEHNER A. P. - *Technical and clinical aspects of electroaerosols in inhalation therapy.* Proc. San Diego Symp. Biomed. Engineering, La Jolla, Calif. 1963.

[12] WEHNER A. P. - *Preliminary results with electro-aerosol therapy in respiratory diseases.* Proc. Third Internat. Biometeor. Congress, Sept. 1-7, 1963, Pau, France. Pergamon Press, Oxford.

[13] WEHNER A. P. - *Weitere Erfahrungen mit der Elektroaerosol-Inhalationstherapie bei Erkrankungen des Atmungssystems.* Zschr. Biol. Aerosol Forsch. (in print).

[14] NÜCKEL H. - *Aerosol-Therapie.* K. F. Schattauer Verlag, Stuttgart, 1957.

[15] MÜLLER P. - *Inhalationsversuche mit ionisierten Substanzen.* Dissertation, Köln, 1937.

[16] ENGELS A. and LIESE E. - *Rauminhalationsuntersuchungen mit P^{32} etikettiertem Wiesbadener Kochbrunnen beim Menschen.* Arch. Phys. Therap., *6*, 4 (1954).

[17] ENGELS A. and SCHULZ K. H. - *Rauminhalationsuntersuchungen mit natürlichen und zusätzlich unipolar aufgeladenen Aerosolen unter Verwendung von Radiojodid 131.* Urban & Schwarzenberg, München-Berlin, Band 99, Heft 4 (1956).

[18] WILSON I. B. - *The deposition of charged particles in tubes with reference to the retention of therapeutic aerosols in the human lung.* J. Colloid Sc., *2*, 271 (1947).

[19] KRUEGER A. P. et al. - *The action of air ions on bacteria.* J. Gen. Physiol. *41*, No. 2, 359-381 (1957).

[20] KRUEGER A. P. et al. - *Effects of unipolar air ions on microorganisms and on evaporation.* J. Franklin Inst. *266*, No. 1, 9-19 (July 1958).

[21] KRUEGER A. P. and SMITH R. F. - *Effects of air ions on isolated rabbit trachea.* Proc. Soc. Exper. Biol. and Med. *96*, 807-809 (December 1957).

[22] KRUEGER A. P. and SMITH R. F. - J. Gen. Physiol. *42*, No. 5, 959-969 (1958).

[23] KRUEGER A. P. and SMITH R. F. - *The effects of air ions on the living mammalian trachea.* J. Gen. Physiol. *42*, No. 1, 69-82 (September 1958).

[24] KRUEGER A. P. et al. - *Effects of air ions on trachea of primates.* Proc. Soc. Exper. Biol. and Med. *101*, 506-507 (1959).

[25] KRUEGER A. P. and SMITH R. F. - *Effects of gaseous ions on tracheal ciliary rate.* Proc. Soc. Exper. Biol. and Med. *98*, 412-414 (June 1958).

[26] KRUEGER A. P. et al. - *Further studies on gaseous ion action on trachea.* Proc. Soc. Exper. Biol. and Med. *102*, 355-357 (November 1959).

[27] KRUEGER A. P. and SMITH R. F. - *An enzymatic basis for the acceleration of ciliary activity by negative air ions.* Nature *183*, 1332-1333 (May 9, 1959).

[28] KRUEGER A. P. and SMITH R. F. - *The biological mechanisms of air ion action. I: 5-Hydroxytryptamine as the endogenous mediator of positive air ion effects on the mammalian trachea.* J. Gen Physiol. *43*, 533-540 (January 1960).

[29] KRUEGER A. P. and SMITH R. F. - *The biological mechanisms of air ion action. II: Negative air ion effects on the concentration and metabolism of 5-hydroxytryptamine in the mammalian respiratory tract.* J. Gen. Physiol. *44*, No. 2, 269-276 (November 1960).

[30] KRUEGER A. P. et al. - *Studies on the effects of gaseous ions on plant growth.* J. Gen. Physiol. *45*, 879-895 (1962).

[31] KRUEGER A. P. et al. - *The construction and operation of an air purification unit for use in studies on the biological effects of gaseous ions.* J. Gen. Physiol. *45*, 897-904 (1962).

[32] KRUEGER A. P. et al. - *A study of the mechanism of air-ion-induced growth stimulation in Hordeum vulgaris.* Int. J. Biometeor. *7*, No. 1, 17-25 (1963).

[33] KRUEGER A. P. et al. - *A study of the mechanism of air-ion-enhanced iron chlorosis.* Int. J. Biometeor. *8*, No. 1, 5-16 (1964).

[34] KRUEGER A. P. et al. - *The effect of air containing* O_2-, O_2+, CO_2- and CO_2+ *on the growth of seedlings of Hordeum vulgaris.* Int. J. Biometeor. *8*, No. 1, 17-25 (1964).

[35] KRUEGER A. P. et al. - *The effects of inhaling non-ionized or positively ionized air containing 2-4% CO_2 on the blood levels of 5-hydroxytryptamine in mice.* Internat. J. Biometeor. *10*, No. 1, 17-28 (1966).

[36] KRUEGER A. P. et al. - *Air ion effects on the growth of the silkworm.* Internat. J. Biometeor. *10*, No. 1, 29-38 (1966).

[37] *cit:* MARTIN T. L. - *Climate control through ionization.* J. Franklin Inst. *254*, 267-280 (1952).

[38] WORDEN J. L. and THOMPSON J. R. - *Air ion concentration and the growth of cells in vitro.* Anat. Record *124*, No. 2, 560 (Feb. 1956).

[39] WORDEN J. L. - *Proliferation of mammalian cells in ion-controlled environments.* J. Nat. Cancer. Inst. *26*, No. 4, 801-811 (April 1961).

[40] WORDEN J. L. - *The effect of air ion concentration and polarity on the CO_2 capacity of mammalian blood plasma.* Fed. Proc. *13*, Abst. 557 (1954).

[41] WORDEN J. L. - *The effect of unipolar ionized air on the relative weights of selected organs of the golden hamster.* Science Studies *15*, 71-82 (1953).

[42] FÜRST R. - *Studies on ionization effects.* Annual Report, University of Texas, Anderson Hosp. and Tumor Inst., Houston, Texas (1955).

[43] KUSTER E. and DITTMAR C. - *Experimentelle Untersuchungen über therapeutische Beeinflussung von Impf-und Spontantumoren durch Behandlung der Versuchstiere mit unipolar negativ hochionisierter Luft.* Zschr. Krebsforschg. *50*, 457-464 (1940).

[44] SOKOLOFF B. et al. - *The effect of negative ionization on transplanted tumors.* Cancer Research *2*, 4 (April 1951).

[45] SOKOLOFF B. - *Cancer, New Approaches, New Hope.* Devin-Adair Co., New York 1952.

[46] RINFRET A. P. and WEXLER B. C. - *Report to Wesix Research Foundation.* San Francisco 1953.

[47] RINFRET A. P. - *Effect of ionized air and tobacco smoke on the adrenal lipid content in rats.* Stanford Med. Bull. Vol. II, No. 2, 125 (1953).

[48] NIELSEN C. B. and HARPER H. A. - *Effect of air ions on succinoxidase activity of the rat adrenal gland.* Proc. Soc. Exper. Biol. and Med. *86*, No. IV, 753-756 (1954).

[49] HOLLOWAY R. J. - *The physiological effects of ionized air upon growth and on the adrenal system of the normal rat.* Dissertation, University of San Francisco (1952).

[50] HERRINGTON L. P. and SMITH K. L. - *The effect of high concentration of light negative atmospheric ions and the growth and activity of the albino rat.* J. Indust. Hyg. *17*, 283-288 (1935).

[51] STANLEY C. L. - *Report to Wesix Research Foundation.* San Francisco (May 1952).

[52] PRATT R. and BARNARD R. W. - *Some effects of ionized air on Penicillium natatum.* J. Am. Pharm. Assn. Scient. Edition, *49*, No. 10, 643-646 (Oct. 1960).

[53] MCGURK F. C. J. - *Psychological effects of artificially produced air ions.* Am. J. Phys. Med. *38*, 136-137 (1959).

[54] FREY A. H. and GRANDA R. E. - *Human reactions to air ions.* Proc. Internat. Conference on Air Ionization, Vol 2, Sect. XXI (1961).

[55] RHEINSTEIN J. - *Statistical evaluation of the influence of atmospheric ions on the simple reaction time and on the optical moment.* Proc. Internat. Conference on Air Ionization, Vol. 2, Sect. XIX (1961).

[56] DUFFEE R. A. and KOONTZ R. H. - *Behavioral effects of ionized air on rats.* Psychophysiology, *1*, No. 4, 347-359 (1965).

[57] v. WASIELEWSKI E. et al. - *Die biologische Bedeutung der Elektroaerosole unter besonderer Berücksichtigung des HVL-NNR-Systems.* Zschr. Aerosol Forsch., *4*, No. 1, 18 (1955).

[58] FREY A. H. - *A rational framework for interpreting the behavioral effects of atmospheric ions.* IRE Transact. Biomed. Electronics, *8*, No. 1, 13-16 (Jan. 1961).

[59] BISA K. - *Die Reagibilität des menschlichen Organismus auf unipolar aufgeladene Aerosole, dargestellt am Verhalten der Flimmer-Verschmelzungsfrequenz.* Zschr. Aerosol Forschg., *3*, 39 (1954).

[60] YAGLOU C. P. et al. - *Observations on a group of subjects before, during and after exposure to ionized air.* J. Indust. Hyg. *15*, 8 (1933).

[61] EDSTROM G. - *Studies in natural and artificial atmospheric electric ions.* Acta Med. Scand., Suppl. 61 (1935).

[62] WILHELMI A. and E. - *Therapeutische Erfahrungen mit unipolar ionisierter Luft.* Fortschr. Therap., *9*, 528 (1933).

[63] TCHLJEVSKY A. L. - *Traitement des hypertensions sanguines de différente origine à l'aéroionisation de polarité négative.* Acta Med. Scand., *99*, 117 (1939).

[64] KIMURA S. et al. - *Influence of the air lacking light ions and the effect of its artificial ionization upon human beings in occupied rooms.* Jap. J. Med. Sc., Part VII, *3*, 1 (1939).

[65] SIENHOLZ H. - *Ueber Inhalation mit unipolar ionisierter Luft.* Dissertation, Köln (1935).

[66] NOSKE E. - *Das Verhalten des normalen und krankhaft erhöhten Bluldrucks bei Einwirkung unipolar negativ ionisierter Luft.* Dissertation, Frankfurt a.M. (1943).

[67] HAPPEL P. - *Physiologische und klinische Anwendung unipolar beladener Luft.* In Dessauer, F. (1).

[68] BISA K. and WEIDEMANN J. - *Die Elektro-Aerosole.* Ztschr. Aerosol-Forsch., *3*, 220, (1955).

[69] KÖHLER E. - *Elektro-Aerosol-Behandlung bei Lungentuberkulose.* Beitr. Klin. Tuberk. *116*, 21 (1956).

[70] HIMSTEDT R. - *Ueber die Beinflussung des vegetativen Nervensystems durch die elektrische Aerosolbehandlung.* Arch. Phys. Ther., *3*, 198 (1953).

[71] LANDSMANN E. - *Ueber die Behandlung von Bronchialasthma mit Aeroionisation.* Wien. Klin. Ztschr. *48*, 1384 (1935).

[72] METTEN H. - *Veränderungen des Blutes nach Inhalation mit negativ ionisiertem Nebel.* Dissertation, Köln, 1935.

[73] STÜLB E. B. - *Die Einwirkung unipolar negativ ionisierter Luft auf den Komplementgehalt und Antikörperspiegel des Blutserums von Mensch und Tier.* Dissertation, Frankfurt a.M., (1941).

[74] PENDL E. - *Tierexperimentelle Untersuchungen über die Wirkung negativ ionisierter Luft auf die keimfeindliche Kraft des Blutes.* Balneologe, *10*, 72 (1943).

[75] NIEMÖLLER H. K. - *Zur Prophylaxe der Bleivergiftung.* Deutsche med. Ztschr., *82*, 18, 738 (1957).

[76] FERVERS C. - *Experimentelle Untersuchungen über psychophysische Beeinflussung durch ionisierte Luft.* Deutsche med. Ztschr. 1876 (1933).

[77] BESSERER J. - *Gasstoffwechsel bei Inhalation mit unipolar negativ ionisierter Luft.* Dissertation, Frankfurt a.M. (1941).

[78] KÜSTER E. and JANITZKY A. - *Versuche über Raumbelüftung.* Zschr. f. ges. phys. Therapie, *43*, 12 (1932).

[79] JUNGE C. - *Bemerkungen zu d. physikal. Grundlagen der Aerosol-therapie unter bes. Berücksichtigung v. Grössenverteilungsmessungen in Aerosolen aus d. Burgberg Inhalatorium des Badeärztl.* Vereins Bad Soden. Medizinische, 33-34, 1069 (1952).

[80] KOHLSCHÜTTER V. - *Ueber Aerosole*, Kolloid Zschr., *42*, 209 (1927).

[81] MÜLLER F. - *Die wissenschaftliche u. technische Bedeutung d. Aerosole.* Kolloid Ztschr. *90*, 1 (1940).

[82] WINKEL A. and JANDER G. - *Ueber Kondensationsaerosole am Beispiel kolloid verteiller Arsenikstäube.* Kolloid Ztschr. *65*, 290 (1933).

[83] WINKEL A. and JANDER G. - *Schwebstoffe in Gasen.* Enke Verlag, Stuttgart (1934).

[84] JANDER G. and WYGASCH E. - *Ueber das Verhalten durch Versprühen von Lösungen dargestellter Aerosole.* Kolloid Ztschr. *85*, 1 (1938).

[85] STUMPF K. E. and JANDER G. - *On the properties of aerocolloid systems, with regard to their dependence on the method of formation.* Tr. Faraday Soc., *32*, 1048 (1936).

[86] WHYTLAW-GRAY R. and PATTERSON H. S. - *Smoke.* Edward Arnold & Co., London (1932).

[87] WHYTLAW-GRAY R. - *Disperse systems in gases.* Tr. Faraday Soc., *32*, 1042 (1936).

[88] CAWOOD W. - *The movement of dust or smoke particles in a temperature gradient.* Tr. Faraday Soc., *32*, 1068 (1936).

[89] LOTTERMOSER A. - *Einführung in die Kolloidchemie.* Theo Steinkopf, Dresden (1948).

[90] STUMPF K. E. - *Die Bestimmung d. Teilchenzahl aerokolloider Systeme mit d. Spaltultramikroskop u.d. Verlauf der Aggregation in Aerosolen.* Kolloid Ztschr., *86*, 339 (1939).

[91] JANDER G. and WINKEL A. - *Ueber Aerosole, in Sonderheit die des Eisenoxyds.* Kolloid Ztschr., *63*, 5 (1933).

[92] WEHNER A. P. - *Space charge potential measurements and air ion counts in an electroaerosol clinic.* Am. J. Phys. Med. *42*, No. 4, 146-152 (Aug. 1963).

[93] WEHNER A. P. - *Unpublished data of space charge potential measurements in the E. A. T. Center, Plano, Texas, and the V. A. Hospital in McKinney, Texas.*

[94] KORNBLUEH I. H. et al. - *Relief from pollinosis in negatively ionized rooms.* Am. J. Phys. Med. *37*, No. 1, 18-27 (Feb. 1958).

[95] THEWS W. - *Erfahrungen mit der Elektroaerosoltherapie bei Bekämpfung der Silikose, Bd. II.* Verlag Glückauf, Essen (1956).

[96] NIEMÖLLER H. K. - *Personal discussions and communications.*

[97] SCHULZ K. H. - *Die Bedeutung der Luftionisation unter besonderer Berücksichtigung der Elektro-Aerosole und der direkten Aufladung des menschlichen Organismus.* Dissertation, Köln (1957).

[98] SCHULZ K. H. - *Die Bedeutung der Luftelektrizität, der Elektro-Aerosoltherapie, der direkten elektrostatischen Aufladungstherapie nach Takata und ihre biologische Wirkung auf das vegetative Nervensystem unter Berücksichtigung des Vegetonogramms.* Zbl. biol. Aerosol-Forsch., *12*, No 3, 207-212 (Feb. 1965); *ibid:* No. 5, 455-466 (Sept. 1965).

[99] *Personal discussions with physicians of the Ernst-Ludwig Heilstätte,* Odenwald, Germany (1963).

[100] SKLADAL J. - *Electroaerosolova hloubkova inhalace se zmenou potentialu tela v rytmu dychani.* PRACE CVUT, III, No. 1, part 7 (1963).

[101] ELLIS G. R. et al. - *Preliminary evaluation of electroaerosols in the treatment of pulmonary disorders.* Arch. Phys. Med. Rehab. 364 (July 1964).

[102] ELLIS G. R. - *Preliminary evaluation of electro-aerosols in the treatment of chronic bronchitis.* Arch. Phys. Med. Rehab., *46*, 767-771 (Nov. 1965).

[163] KORNBLUEH I. H. and GRIFFIN J. E. - *Artificial air ionization in physical medicine.* Am. J. Phys. Med. *34*, 618-621 (1955).

[104] SILVERMAN D. and KORNBLUEH I. H. - *Effect of artificial ionization of the air on the electro-encephalogram.* Am. J. Phys. Med. *36*, 352-358 (1957).

[105] DAVID T. A. et al. - *Observations on the effects of artificial ionization on the burned patient.* Vortrag a. d. 1. Internat. Bioklimat. Kongress Wien (Sept. 25, 1957).

[106] MINEHART J. R. et al. - *Artificial ionization and the burned patient.* Med. Science *3*, No. 6, 363-367 (March 25, 1958).

[107] DAVID T. A. et al. - *Polarized air as an adjunct in the treatment of burns.* Am. J. Phys. Med. *39*, No. 3, 111-113 (June 1960).

[108] MINEHART, J. R. et al. - *The effect of artificially ionized air on post-operative discomfort.* Am. J. Phys. Med. *40*, No. 2, 56-62 (April 1961).

[109] DAVID T. A. et al. - *Ionization of the air. The sedating effect of polarized air.* Biometeorology, Pergamon Press, Oxford (1962).

[110] ROBINSON N. and DIRNFELD F. S. - *The ionization state of the atmosphere as a function of the meteorological elements and of various sources of ions.* Internat. J. Biometeor., *VI*, No. 2, 101-110 (March 1963).

DOSES-LIMITES DE SÉCURITÉ DE LA RADIOACTIVITÉ EN MILIEU AQUATIQUE

À mesure qu'une proportion croissante des besoins énergétiques de l'humanité est fournie par les centrales nucléaires, les doses de rayonnement reçues par l'homme de son environnement vont en croissant. Le rejet des déchets radioactifs dans les milieux aquatiques doit voir ses effets calculés sur la base de l'exposition chronique à long terme de populations entières à de faibles doses de rayonnement. Nous étudions, dans le présent article, les conséquences possibles du rejet de produits radioactifs dans l'environnement aquatique, sous ses aspects physiologiques, écologiques et sanitaires, de manière à permettre l'établissement de normes rationnelles, visant à protéger l'homme et les biotopes aquatiques contre des doses excessives de rayonnements ionisants.

INTRODUCTION. — La fission nucléaire est de plus en plus utilisée pour la production d'énergie et la dessalinisation. Des matériaux radioactifs sont donc déversés en quantités sans cesse croissantes dans le milieu aquatique. Le problème qui se pose pour nous est celui de l'élimination de ces déchets radioactifs d'une façon qui ne compromette pas l'utilisation future des ressources tirées de notre milieu. Dans cet article, nous examinons les techniques utilisées pour la protection du milieu aquatique en vue de protéger ce dernier de la contamination radioactive qui pourrait affecter nos futures ressources alimentaires ou exposer l'homme à des doses de radiations nocives pour sa santé.

Il y a deux façons d'aborder le problème de l'élimination des déchets radioactifs. Habituellement, les matériaux hautement radioactifs sont concentrés sous une forme réduite, placés dans un conteneur blindé et entreposés à l'écart de toute activité humaine. C'est le principe qui préside au stockage souterrain des déchets radioactifs sous la forme de couches fines mêlées de ciment et enfouies profondément dans les stratifications rocheuses, et dans des emballages de ciment placés au fond des océans. (International Atomic Energie Agency 1965, National Committee on Radiation Protection 1954a, Struxness Sous presse). Dans cet article nous examinerons surtout la deuxième forme d'élimination des déchets radioactifs, dans laquelle les déchets à bas niveau de radioactivité sont dilués et dispersés directement dans le milieu.

Notre milieu a été contaminé en premier lieu par les retombées des explosions atomiques expérimentales, mais l'on espère que cette forme de contamination ira en diminuant à l'avenir. Au contraire, on peut prévoir l'augmentation de la quantité de déchets provenant des activités suivantes: utilisation des radioisotopes résultant des applications de la recherche dans le domaine clinique et expérimental; fonctionnement des réacteurs nucléaires dans les centrales d'énergie, les bateaux et les sous-marins. Le fonctionnement normal d'un réacteur n'implique pas la libération des produits de la fission mais un élément du combustible peut se rompre et se répandre dans l'eau de refroidissement. Cependant, au cours de son passage dans les parties du réacteur, l'eau de refroidissement est exposée à des flux puissants de neutrons; elle se

charge alors de radionucléides et cette radioactivité induite sort périodiquement du réacteur. Ce problème est particulièrement aigu dans les sous-marins à propulsion nucléaire, où la place réservée au stockage des déchets est réduite. Une autre possibilité de contamination du milieu est contenue en germe dans l'usage futur des explosions nucléaires pour les travaux de terrassement de grande envergure tels que les canaux ou les ports. Avant toute addition de radionuéclides artificiels dans notre milieu, il faut poser en principe que la vie, y compris l'homme, peut subir en toute sécurité, une augmentation du rayonnement limitée mais prolongée. Ce principe est soumis à une étude attentive de la part de certaines organisations scientifiques qui ont été constituées en vue d'une tâche précise. Leurs travaux consistent à évaluer les effets des radiations sur les systèmes biologiques et spécialement sur les êtres humains. Ces organisations scientifiques sont: l'International Commission on Radiological Protection (ICRP), formée sous les auspices de la International Society of Radiology; le U.S. National Committee on the Biological Effects of Atomic Radiation, formé sous les auspices de la National Academy of Science National Research Council; le United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation; et enfin le Federal (U.S.) Radiation Council (FRC) formé en vue d'établir les règles gouvernementales portant sur l'exposition de l'homme aux rayonnements. Les gouvernements d'autres nations ont également des organismes dont les fonctions sont similaires à celles du FRC. Comme on peut le voir d'après la liste des organisations scientifiques nationales et internationales, la protection des êtres humains contre un excès de rayonnement atomique est d'un intérêt vital. Les problèmes qui se rapportent à la détermination de l'excès d'exposition en matière de radiation sont multiples et importants. Les premiers Comités, spécialement l'ICRP et le NCRP, s'étaient d'abord occupés de la protection des travailleurs et avaient, par conséquent, établi des limites d'exposition professionnelles pour les rayonnements internes et externes (NCRP 1959, ICRP 1960). Ces limites étaient calculées pour protéger un individu contre les effets nocifs des radiations, au cours de sa vie entière.

Notre but premier est, peut-être, maintenant d'assurer la protection de l'équilibre génétique de l'ensemble de la population mondiale plutôt que celle des individus, car l'usage de la fission nucléaire pour la production de l'énergie s'est étendu au monde entier. Alors qu'un individu peut tolérer en toute sécurité 5 rems (r) par an (NCRP 1954b, 1959; ICRP 1960), on a estimé à seulement 30-80 r la dose qui, accumulée dans les gonades, était capable de doubler les taux actuels de mutation en entraînant des effets incertaines pour la population (NAS-NRC 1956). C'est pour cette raison que les comités scientifiques ont récemment évalué à nouveau les doses-limites de sécurité, du point de vue des effets génétiques. Nous examinerons maintenant les principes et les données qui sont nécessaires à l'établissement des limites de sécurité pour la radioactivité de notre milieu et spécialement celles qui peuvent s'appliquer au milieu aquatique.

Tolérance humaine au rayonnement. — Le début de la vie et l'évolution des espèces se sont faits en présence de rayonnements cosmiques et des rayonnements émanant de radioisotopes naturels tels que le radium, le Carbone 14 et le Potassium 40. Cependant les généticiens sont presque tous unanimes pour proclamer la nocivité génétique des rayonnements ionisants. Par exem-

ple, Grosch (1965) écrit: « certaines radiations naturelles sont inutiles et potentiellement nocives. Dans cette catégorie, on pent placer les rayons cosmiques, les corps porteurs de C^{14} et de K^{40} ainsi que le rayonnement gamma de la terre, des roches et des matériaux qui composent nos maisons ». Naturellement, on ne peut pas éviter l'exposition à ces rayonnements et ils font partie des aléas normaux de l'existence. Le niveau du rayonnement naturel dépend de l'altitude, de la latitude et du type de roche contenu dans le sol. Son intensité par an peut varier de 53 mr (pour un individu sur un océan à l'équateur) à 560 mr (à 55° de latitude Nord, sur des roches granitiques à 700 m d'altitude) (Libby 1955, Kinsman 1958). La dose moyenne raisonnable est de 140-150 mr par an. Puisque des gens ont vécu en étant soumis pendant plusieurs générations aux mêmes conditions de sélection naturelle sur des régions dont les différences de rayonnements naturels étaient de 150 mr/an, ou plus, il est probable qu'une augmentation de 150 mr/an ne menacerait pas l'équilibre génétique de l'humanité. Nous ne disons pas que cette augmentation de 150 mr/an est une limite de sécurité, ou avoisine cette limite mais nous pouvons dire avec une certaine certitude qu'elle ne serait pas critique du point de vue génétique. Avec une telle augmentation, nous aurions dans les gonades d'un individu âgé de 30 ans une dose cumulée de 4,5 r, 30 ans étant l'âge moyen des parents à la naissance d'un enfant aux Etats-Unis. Cette dose cumulée serait de 6,75 r à l'âge de 45 ans lorsque les fonctions de reproduction cessent ou s'amoindrissent. Il est significatif que les limites recommandées par ailleurs approchent généralement cette dose (Table 1).

TABLE 1

Doses-limites de sécurité de l'exposition au rayonnement de l'ensemble d'une population.

Origine de la recommandation	Dose cumulée pour le corps entier à l'âge de 30 ans, exprimée en rems.
ICRP (1959, 1960, 1966)	5[a]
NCRP (1954b, 1959)	14[b]
NAS-NRC (1956, 1960)	10[c]
FRC (1960)	5[a]

[a] à l'exclusion du rayonnement naturel et de l'exposition médicale.
[b] toutes sources confondues, y compris le rayonnement naturel et l'exposition médicale, moyenne pour une population de 10^6.
[c] excluant le rayonnement naturel mais incluant l'exposition médicale.

Nous venons d'examiner les nivaux de rayonnements qui peuvent être tolérés en toute sécurité par une population sans compromettre son équilibre génétique. Si certaines parties de la population sont seules exposées, les doses supportables peuvent être alors plus élevées, sans qu'il y ait d'effets génétiques importants sur l'ensemble de la population. Les individus adultes peuvent tolérer des doses encore plus élevées car les considérations génétiques ne sont plus les principales. Les comités qui traitent de la sécurité en matière de rayon-

nements s'attachent, au contraire, aux effets somatiques tels que la leucémie, le raccourcissement de l'existence, qui peuvent apparaître un certain temps après une exposition aux rayonnements. Les recommandations faites par l'ICRP, le NCRP et le FRC en ce qui concerne l'exposition maximale des gens qui travaillent en présence de radioactivité sont identiques: pour le corps entier (ou les gonades) l'exposition professionnelle ne doit pas être supérieure à 3 rems au cours d'une période quelconque de 13 semaines et que la dose cumulée à un âge de N années ne doit pas excéder 5 (N-18) rems, ou, en d'autres termes 5 rems par an après l'âge de 18 ans (âge où peut commencer le travail professionnel). Cette dose-limite de 5 rems/an est calculée pour l'exposition du corps entier. Certaines parties du corps, spécialement celles qui ne contribuent pas à la formation du sang, peuvent tolérer des doses encore plus élevées. Par exemple, les doses-limites autorisées pour les mains, les avants-bras, les pieds et les chevilles sont de 75 rems/an (NCRP 1959). L'ICRP (1960), de son côté, a recommandé deux normes différentes: une dose-limite de 1,5 rem/an pour les travailleurs qui ne sont pas normalement exposés aux radiations mais sont amenés, occasionnellement, à visiter les zones critiques ou à y travailler; une dose-limite de 0,5 rem/an pour les gens qui vivent aux voisinage des zones critiques. Ces normes pour les différentes branches de la population sont résumées sur la table 2.

TABLE 2

Doses-limites annuelles de radiations des personnes exposées à différentes catégories de rayonnements. (ICRP 1959, 1960, 1966)

Groupe exposé	Dose-limite par an (rems)[a]	Dose relative
Ensemble de la population	0,17	1
Communautés au voisinage des zones critiques	0,5	3
Visiteurs occasionnels des zones critiques	1,5	9
Travailleurs exposés à la radioactivité	5,0	30

[a] toutes les doses-limites sont calculées pour le corps entier et les rayonnements peuvent être de sources externes ou internes, à l'exclusion du rayonnement naturel et de l'exposition médicale.

NORMES APPLICABLES A LA CONTAMINATION GÉNÉRALE D'UN MILIEU. — La question se pose maintenant de savoir quel ensemble de normes il faut respecter dans le domaine de l'élimination des déchets et nous pouvons répondre tout de suite qu'il faut les appliquer toutes, chacune pour le domaine qui la concerne. Cette façon d'aborder le problème est certainement valable à l'heure actuelle car il n'y a pas encore beaucoup de réacteurs nucléaires et les doses critiques ne peuvent concerner que des zones très limitées, situées au voisinage immédiat des installations nucléaires. Lorsqu'une société projette de construire une centrale nucléaire proche de l'Atlantique sur la côte

Nord-Est des Etats-Unis, elle n'a pas besoin de se préoccuper des effets de ses émanations radioactives sur l'équilibre génétique de la population mondiale, ou même sur la population du Nord-Est des Etat-Unis, car les effets ne se feraient pas sentir sur une telle échelle. Cependant, il est vraisemblable que cette société a déjà besoin d'envisager si les rejets futurs de déchets radioactifs risquent de compromettre les ressources en eau et en nourriture des populations vivant au voisinage du site où l'on veut construire le réacteur. Par conséquent, si l'on considère la croissance explosive des usages pacifiques de l'énergie atomique, il n'y a pas besoin de beaucoup de perspicacité pour se préoccuper des futurs niveaux de radioactivité qui affecteront notre milieu.

Nous pouvons prévoir que la radioactivité de notre milieu va augmenter graduellement au cours des siècles qui viennent, si l'énergie nucléaire se substitue au pétrole et nous apporte également l'eau de la mer sous forme potable, afin de satisfaire nos besoins sans cesse accrus. Cette augmentation sera très marquée quand les pays en voie de développement deviendront industrialisés. Comme l'utilisation de l'énergie nucléaire devient de plus en plus répandue, les normes devraient, éventuellement, être calculées pour l'humanité entière. Puisque la pollution industrielle est plus aisément contrôlable au cours de ses phases initiales, il semble raisonnable de penser dès maintenant en termes de futures doses-limites au lieu d'attendre que la pollution ait atteint un niveau inacceptable, même si ces doses-limites futures peuvent être, actuellement, dépassées sans inconvénients.

CARACTÉRISTIQUES DU MILIEU AQUATIQUE QUI INFLUENT SUR LE REJET DES DÉCHETS. — Le rôle de l'eau dans le développement de la culture et de la civilisation de l'humanité a été presque aussi important que son rôle dans l'évolution de la vie elle-même. Non seulement l'eau est le milieu où se développent tous les phénomènes biochimiques essentiels de la vie mais c'est une ressource importante que nous prélevons dans notre milieu. Il suffit de noter que les usages industriels et domestiques de l'eau aux Etats-Unis atteignent déja une quantité équivalente à celle que représentent les chutes de pluies sur l'ensemble du territoire (Anonyme 1966).

L'usage que fait l'homme des eaux naturelles. — L'eau a une double importance pour l'homme : a) elle satisfait ses besoins biologiques : nous consommons de l'eau sous forme de boisson et d'aliments dont la majeure partie est liquide. b) pour les usages industriels, dans ce cas l'eau sert surtout de réfrigérant et de diluant pour évacuer la chaleur et les déchets chimiques. Comme nous le verrons les besoins biologiques et industriels sont contradictoires de plusieurs façons. Les besoins biologiques en eau comprennent à la fois l'agriculture et l'aquiculture. L'utilisation de l'eau en aquiculture est évidente ; en agriculture on complète les chutes de pluie par l'irrigation à partir de réresvoirs et d'usines de dessalinisation, l'importance de la récolte pouvant être augmentée par l'utilisation d'engrais, eux-mêmes fabriqués à partir d'algues ou de farines de poisson, qui sont des produits marins. Les ressources biologiques des communautés aquatiques, et surtout celles des estuaires et des océans, peuvent être utilisées soit directement (poisson, coquillages, algues) soit indirectement (engrais et nourriture des animaux domestiques) en vue d'assurer la nourriture de l'homme. Le milieu aquatique a également un autre « usage », il contribue

par voie bactérienne à la transformation des déchets industriels ou des ordures ménagères en produits innoffensifs ou utiles. On utilise l'eau également pour le transport (passagers et marchandises) et pour le loisir (nage, plaisance, pêche). La contamination de ce milieu par des déchets industriels doit être limitée de façon à préserver ses fonctions essentielles.

Les radioisotopes, de même que la chaleur et certaines toxines chimiques, ne peuvent pas être neutralisés par voie biologique. Une fois qu'elle est diluée dans le milieu, la radioactivité ne s'atténue que par décroissance naturelle. Cependant, elle circule continuellement en suivant le cycle de l'eau et on la retrouve dans les plantes, les animaux, les sédiments. Il est fort probable que nous utiliserons de plus en plus, à l'avenir, le milieu aquatique et cette radioactivité aura donc de nombreuses voies pour revenir à l'homme.

Modes d'exposition à la radioactivité artificielle. — Les hommes sont exposés aux radiations qui proviennent de sources internes ou externes. L'exposition à des sources externes est le fait d'un contact direct avec une eau contaminée, en y pataugeant ou en y nageant, en manipulant un attirail de pêche, en prenant un bain de soleil sur une plage humide ou recouverte occasionnellement par l'eau..., Ces doses externes seront probablement petites comparées aux doses internes provenant de l'absorption d'eau ou de produits de la pêche, radioactifs. Une autre source interne de radioactivité résidera également dans les aliments rendus radioactifs par les engrais ou l'eau d'irrigation. Comment pouvons-nous restreindre et contrôler le rejet des déchets radioactifs afin de protéger l'homme des doses excessives de rayonnements provenant des sources dont nous venons de parler? Comment pouvons-nous passer de la notion de dose-limite à celle de normes précises limitant les rejets dans chaque application particulière? Le principe fondamental est de restreindre la concentration dans le milieu, et plus spécialement dans l'eau potable, de la radioactivité et de chacun des isotopes connus (ICRP 1960, NCRP 1959). Pour un isotope quelconque, la concentration dans l'eau potable (consommée à raison de 2,2 l par jour) sera celle qui correspond à la dose-limite, elle s'appellera donc la concentration-limite (MPC).

Le concept de la concentration-limite. — On ne peut mieux illustrer le mode de calcul d'une concentration-limite qu'en présentant ce calcul appliqué à un isotope particulier. Nous avons choisi le Zinc 65, radioisotope induit par les neutrons, présent dans les retombées radioactives et dans les effluents des réacteurs et qui agit sur le métabolisme de la plupart des organismes vivants. Les données utilisées pour le calcul de la concentration-limite du zinc 65 dans l'eau potable se trouvent sur la Table 3.

TABLE 3

Données utilisées pour le calcul de la concentration-limite du Zinc 65 dans l'eau potable.

Symboles	Définitions	Valeur pour le Zinc 65
E	Énergie (MeV) absorbée par un organe donné, désintégration (a)	—
ε	Énergie effective (a) = ΣEF (RBE)n	0,32 MeV désintégration

F	Rapport de désintégration entre un membre de la famille radioactive et le chef de la famille [a]	—
f_2	Fraction de q situé dans l'organe donné	1,0
f_w	Fraction du radionucléide ingéré qui parvient dans l'organe	0,1
λ	Constante de décroissance effective = 0,693/T	0,00357
m	Masse de l'organe considéré (corps entier)	70.000 g
$(MPC)_w$	Concentration-limite du radionuclide dans l'eau potable	—
n	Facteur relatif de dommage des radionucléides dans l'os [a]	—
P	Taux de rétention de l'organe donné du corps [b] (μCi/jour) = 2200 $(MPC)_w$ (f_w)	—
q	Charge-limite du corps [c] = $2{,}8 \times 10^{-3}$ mR/f_2 ε	60 μCi
R	Dose-limite = 5/52 rems par semaine	0,098 rems/ semaine
RBE	Efficacité biologique relative (1 pour rayonnement x, γ, β^-, β^+, e^-)	1
T	Période de radioactivité = $T_r T_b / T_r + T_b$	194 jours
T_b	Période biologique effective	933 jours
T_r	Période physique effective	245 jours
t	Période d'exposition = 50 ans pour la vie professionnelle	18.250 jours

[a] Le terme d'énergie effective (ΣEF (RBE) n) prend de différentes valeurs selon les différents isotopes à cause des différences entre les décroissances et entre les comportements métaboliques. E est calculé différemment pour chaque type de rayonnement, par exemple γ, β^-,β^+,α, etc. (ICRP 1960). Dans le cas du rayonnement γ, E se rapporte à l'énergie maximale du rayonnement γ, à la fraction de la désintégration totale qui donne naissance aux rayons γ, au rayon (cm) réel de l'organe considéré dans le corps, et à un coefficient d'absorption pour une énergie donnée du photon. Pour le Zinc 65, les termes F et n ne sont pas calculés car il n'y a pas de membre de la famille radioactive et l'attaque principale du Zinc 65 ne porte pas sur le tissu osseux.

[b] Ce calcul est basé sur une hypothèse de consommation de l'homme moyen en eau (boisson + aliments) égale à 2200 cm³/par jour.

[c] $$2{,}8 \times 10^{-3} = \frac{100 \text{ erg/g·rad}}{(3{,}7 \times 10^{4} \text{ dps}/\mu\text{Ci})\ (1{,}6 \times 10^{-6} \text{ ergs/Mev})\ (6{,}05 \times 10^{5} \text{ sec/semaine})}$$

Les concentrations-limites professionnelles dans l'eau potable ont été calculées (ICRP 1960) principalement en supposant que le taux de rétention du matériau radioactif dans un organe donné est de P μC/jour et que son taux d'élimination obéit à une loi exponentielle simple. Ainsi, la charge radioacrive d'un organe donné varie dans le temps comme suit:

$$\frac{d\ (qf_2)}{dt} = P - \lambda\ (qf_2)\ \mu\text{Ci/jour} \qquad (1)$$

Si $qf_2 = 0$, nous avons:

$$qf_2 = \frac{P\ (1-e^{-\lambda t})}{\lambda}\ \mu\text{Ci} \qquad (2)$$

Si l'on introduit les valeurs de P et de λ telles qu'elles figurent sur la Table 4 pour le Zinc 65 nous avons alors:

$$MPC_w = \frac{3{,}16 \times 10^{-4}\ qf_2}{Tf_w\ (1\text{-}e^{-0{,}693\ t/T})}\ \mu Ci/cm^3 \qquad (3)$$

La même opération pour q, f_2, T, f_w, et t nous donne:

$$MPC_w = \frac{18{,}96 \times 10^{-3}}{19{,}4\ -\ 19{,}4e^{-65{,}19}} \qquad (4)$$

ou

$$MPC_w = \frac{18{,}96 \times 10^{-3}}{19{,}4} = 0{,}977 \times 10^{-3}$$

$$\lesssim\ 10^{-3}\ \mu Ci/cm^3$$

10^{-3} $\mu Ci/cm^3$ est la concentration de Zinc 65 qui, dans l'eau potable, émettra pour une exposition continue une dose de 5 rems/an, dose limite professionnelle (Table 2). Si la dose limite est autre que professionnelle, la concentration-limite doit être diminuée d'un quantité correspondante. En ce qui concerne les concentrations-limites, les recommandations de l'ICRP et du NCRP ont été calculées pour 240 radionucléides environ dans le cas d'une exposition professionnelle de 40 heures par semaine ou 168 heures par mois. Elles s'appliquent à l'air ou à l'eau. La concentration-limite relative à un isotope particulier doit être diminuée quand l'exposition est le fait d'un mélange de radioisotopes, présents simultanément dans l'air et dans l'eau ou provenant de certaines sources externes de rayonnement. Si la composition du mélange de radionucléides est inconnue, la valeur de la concentration-limite pour une occupation professionnelle continue est fixée à 10^{-7} $\mu Ci/cm^3$.

Le calcul de la concentration-limite dépend entièrement des données biologiques suivantes: taille moyenne des hommes et de leurs organes, capacité d'accumulation d'un radioisotope absorbé par différents organes, distribution et concentration des éléments sur les différents organes, capacité d'élimination de ces organes. Pour de nombreux organes et de nombreux nucléides, non seulement ces données sont absentes pour l'homme, mais elles sont extrêmement rares pour les animaux. Chaque fois que cela a été possible, elles ont été tirées de résultats d'expériences. Autrement, elles ont été estimées par comparaison avec des éléments chimiquement voisins, ou en supposant des conditions égales pour un élément dans un organe donné. On a calculé en 1940 les premières compositions et distributions d'éléments pour un « homme moyen », mais ces valeurs ont subi depuis des additions et des modifications. La composition pour l'homme moyen, a été résumée en 1960 par l'ICRP. Dans presque tous les cas, l'organe du corps pris en considération est celui qui accumule le plus l'isotope étudié. La charge du corps (q sur la table 3) est celle de la quantité de radionucléide dans le corps entier qui correspond à la dose-limite d'un organe donné. La concentration-limite de nombreux nucléides a été calculée avec divers organes, pris comme références. Pour certains de ces nucléides, le Zinc 65 par exemple, c'est le corps entier qui est

pris comme référence. Le taux et l'efficacité de la rétention varient d'après les formes de l'isotope suivant que ce dernier est soluble ou insoluble. La concentration-limite est donc calculée pour ces deux phases, l'organe critique est, lui aussi, souvent différent suivant que la phase agissante est composée d'un isotope soluble ou insoluble.

Il n'est pas exagéré de dire, d'après la discussion qui précède, que la protection de l'homme contre la radioactivité de son milieu est un problème compliqué. Nous nous sommes cantonnés, jusqu'à présent, dans l'examen des concentrations-limites en radionucléides de l'eau potable. Cependant, le rejet des déchets dans le milieu aquatique devrait être plutôt considéré du point de vue de l'accumulation des radionucléides dans les aliments. Certains organismes aquatiques ont la propriété de retenir les radionucléides et de les concentrer à un niveau élevé, ce qui nous oblige à examiner la notion de concentration-limite sous l'angle de la consommation par l'homme des produits de la pêche.

APPLICATION DE LA NOTION DE CONCENTRATION-LIMITE A LA CONTAMINATION GÉNÉRALE DU MILIEU AQUATIQUE. — Pour évaluer la contamination radioactive du milieu aquatique, il faut tenir compte de différents facteurs propres à ce milieu, notamment les facteurs biologiques, qui influent sur la diffusion d'un radionucléide dans le milieu. Puisque le plus grand risque potentiel pour l'homme réside dans la consommation de produits de pêche radioactifs, le contrôle du rejet des déchets dans les océans doit être tel que ces organismes comestibles ne dépassent pas les concentrations-limites. On peut aborder le problème posé par ce contrôle de deux façons différentes: la première est simplement une extension du concept de la concentration-limite qui est généralement adopté et que nous avons décrit ci-dessus; la seconde est basée sur la présomption que la charge d'un isotope quelconque dans le corps de l'homme ne dépassera pas une certaine limite tant que l'activité spécifique de cet isotope dans le milieu ne dépassera pas cette limite. Nous décrirons ces deux façons d'aborder le problème et nous comparerons leur portée pratique et leurs mérites respectifs.

Extension de la notion classique de concentration-limite, appliquée au milieu marin. — Les concentrations-limites pour le milieu marin sont habituellement calculées à partir de celles qui s'appliquent à l'eau potable pour une exposition professionnelle continue. Il est nécessaire de formuler certaines hypothèses pour effectuer cette transposition car nous ignorons les données qui permettraient de le faire en toute connaissance de cause. Bien que l'on puisse mesurer les concentrations sur les organismes comestibles, on préfère établir les limites pour l'eau de mer (NAS-NRC 1959a, 1959b; Aten 1961; Yamagata 1965; Freke 1967). La direction d'une centrale nucléaire peut aisément faire correspondre de telles limites aux niveaux de radioactivité de ses déchets. Ces limites se rapportant étroitement à la contamination du milieu avoisinant sont moins facilement sujettes à des erreurs d'interprétation que des normes universelles. Au lieu de cela il y a seulement des limites de travail dérivées (DWL) calculées d'après les normes de doses-limites.

La première étape dans le calcul est de passer de la concentration-limite

pour l'eau potable à une limite de travail dérivée (DWL) pour les produits de la pêche et l'on opère de la façon suivante:

$$(DWL)_{sf} = \frac{(MPC)_w \ 2200}{30 \ I} \ \mu Ci/g \qquad (5)$$

où:

$(MPC)_w$ = Concentration limite dans l'eau potable pour une occupation professionnelle continue - ($\mu Ci/cm^3$).

$(DWL)_{sf}$ = Limite de travail dérivée pour la radioactivité dans les produits de la pêche - ($\mu Ci/g$).

I = Quantité absorbée de produits marins (g/jour)

2200 = Quantité d'eau absorbée - (cm^3/jour).

30 = Facteur de conversion de la concentration-limite professionnelle à la concentration-limite pour l'ensemble de la population (Table 2).

Dans l'équation (5) on suppose que les valeurs pour l'accumulation, la rétention, et la distribution finale dans les tissus (c'est à dire f_w, T; et f_2, Table 3) sont les mêmes si l'isotope est absorbé dans la boisson ou s'il est absorbé dans les aliments. Les données permettant d'étayer cette hypothèse manquent malheureusement dans le cas des hommes. Cependant, dans une série d'articles, des chercheurs décrivent leurs expériences au cours desquelles on a examiné des personnes ayant consommé des poissons de la famille du merlan (*Prosopium williamsoni*) et des huitres (*Crassostrea sp.*) récoltés dans la rivière de Columbia en aval d'un réacteur nucléaire. L'accumulation du zinc 65 qui s'est réalisée à partir de ces sources n'épouse pas exactement le schéma prévu par les normes de l'ICRP pour un « homme moyen » et selon lesquelles la valeur de la fraction absorbée (f_w) est de 10% et la période réelle (T) de 194 jours. Une expérience menée avec un seul sujet se nourrissant de poisson à chair blanche donna les valeurs suivantes: $f_w = 32\%$ et T = 162 jours (Foster et Honstead 1967). Cette valeur de f_w fut ultérieurement confirmée par des expériences menées avec 7 sujets et la moyenne obtenue était égale à 35% (Honstead et Brady 1967). Dans le cas des huitres, l'accumulation de Zinc 65 sur un seul sujet donna les valeurs $f_w = 13{,}5\%$ et T = 100 jours (Honstead et Hildebrand 1967). Bien qu'on ne sache pas les raisons de ces différences, il est clair que les hypothèses de l'ICRP sur l'accumulation et la rétention du radioisotope ne sont pas nécessairement exactes pour tous les types de nourriture. Le Zinc 65 est plus aisément absorbé si l'on consomme des huîtres et du poisson au lieu de s'en tenir à l'eau potable. Si cette divergence est un phénomène général, les valeurs de travail dérivées, calculées à partir de l'équation (5) auraient besoin d'être diminuées dans les mêmes proportions.

On peut imaginer une explication possible à ces différences entre les taux d'assimilation en disant que la présence de protéine dans l'intestin facilite le passage du zinc 65 à travers la muqueuse et les valeurs de la Table 4 semblent corroborer cette hypothèse.

TABLE 4

Teneur en protéines de différents aliments et rétention de Zinc 65 correspondante.

Aliment	Taux d'assimiltation fw	Teneur en protéines %
Eau potable	0,10[a]	—
Huitres	0,135[b]	6,0[c]
Poisson	0,35[d]	17,9[c]

[a] ICRP 1960.
[b] Honstead et Hildebrand 1967.
[c] Diem 1962.
[d] Poisson à chair blanche - Honstead et Brady 1967.

L'explication la plus probable, mais qui n'a pu être démontrée jusqu'à présent, est que les taux de rétention et d'assimilation d'un élément dépendent de la quantité présente de l'élément dans la nourriture.

La limite de travail dérivée pour les produits de pêche $(DWL)_{sf}$ calculée avec l'équation (5) se rapporte à la nourriture au moment de la consommation et non au moment de la pêche. Il faudrait mesurer la DWL_{sf} au moment de la pêche car cela introduirait un facteur de sécurité supplémentaire en faveur de l'homme, à cause de la décroissance naturelle de la radioactivité qui se produit entre le moment de la capture et le moment de la consommation. Ce facteur serait sans influence pour les nucléides à longue période comme le césium 137 et le strontium 90, mais il permettrait l'élimination des isotopes à courtes périodes comme l'iode 131. On sait que la DWL_{sf} se rapporte à la concentration moyenne de radioactivité sur l'ensemble des espèces de poissons consommés. Mais certaines espèces de poissons sont migratrices et les taux de radioactivité peuvent varier de façon considérable d'un poisson à l'autre. Un poisson hautement radioactif sera confondu (sur les bancs et au cours de sa commercialisation) avec d'autres poissons qui proviennent de régions différentes et sont donc moins radioactifs. Cette « dilution commerciale » peut être provoquée par des organismes placés au voisinage immédiat du lieu de rejet et qui contiennent une radioactivité supérieure à celle de la moyenne des produits de pêche consommés. On a avancé le nombre 10 comme facteur de cette dilution (Dunster 1958).

Le taux d'ingestion — I dans l'équation (5) — devrait approcher la quantité maximale de produits de la pêche abordés quotidiennement par un individu quelconque, mais cette valeur ne peut, évidemment, qu'être approximative. Il serait plus logique de faire une estimation portant sur un an plutôt que sur un jour. Les peuples consomment des quantités et des variétés de poissons très différentes suivant la région où ils habitent et suivant leur mode ou leur niveau de vie. Diverses estimations de cette consommation ont été données par les sources suivantes: Aten 1961, Yamagata 1965, NAS-NRC 1959a, 1959b; Weaver 1967. Leurs valeurs sont généralement comprises entre 110 et 250 g de poisson par jour et elles sont basées sur la satisfaction partielle ou totale des besoins alimentaires en protéines par le poisson. Freke (1967) ne mentionne pas de consommation moyenne mais il définit I par une valeur

représentant les besoins du corps en protéines exprimés en grammes de protéine par kilo du corps considéré.

$$I = \frac{100\ (70)}{P_c} \qquad (6)$$

où:

P_c = pourcentage de protéines contenues dans l'aliment considéré.
70 = poids du corps d'un homme moyen.

Si nous raisonnons comme dans le cas de la concentration-limite dans l'eau potable, nous supposons que l'humanité entière satisfait ses besoins en protéines à partir du poisson et que ce dernier est la seule source de radioactivité. La seconde hypothèse est déja inhérente au calcul. Pour rester dans la moyenne de la consommation en protéines des Etats-Unis, il faudrait qu'un homme mange 1,8 kg de poisson par semaine et la valeur de I serait de 260 g/jour. D'après cette valeur, la limite de travail dérivée $(DWL)_{sf}$ serait de $\frac{2200}{260}$, ou environ 8,5 fois la concentration-limite pour l'eau potable $(MPC)_w$ dans le cas de l'humanité entière. Elle devrait, en plus être réduite pour tenir compte des autres sources internes de radioactivité comprenant l'eau potable et les autres aliments.

Du point de vue de la santé publique, il serait sans doute préférable d'établir le niveau maximal de radioactivité de chaque type d'aliment, y compris les produits de la pêche. Cependant, cela ne serait pas pratique dans le cas du contrôle des déchets. Les limites réelles pour le rejet des déchets radioactifs dans le milieu marin doivent être calculées à partir des limites sur les produits de la pêche, mais il faut les exprimer en termes de DWL_{sf} pour l'effluent radioactif (Aten 1961) ou sous la forme d'un taux-limite de rejet, en curies par jour (Freke 1967).

On obtient les limites de travail dérivées pour l'eau de mer à partir de $(DWL)_{sf}$ en effectuant le rapport des concentrations d'éléments dans les produits de la pêche et dans l'eau de la mer (facteur de concentration).

$$(DWL)_{sw} = \frac{(DWL)_{sf}}{C_f} \qquad (7)$$

Pour un isotope quelconque, il est évident que la valeur de $(DWL)_{sw}$ dépend entièrement de l'organisme qui a été choisi pour le calcul. On a trouvé des valeurs de C_f très différentes pour le même isotope en examinant divers groupes d'organismes marins comestibles. Pour une seule espèce, le facteur de concentration dépendra vraisemblablement de facteurs locaux tels que le pH, la température, la salinité qui peuvent entraîner de grandes différences dans les taux d'absorption physique et de rétention métabolique. L'étude bibliographique faite par Polikarpov sur les facteurs de concentrations relatifs à divers éléments dans les organismes marins est toute récente (1966). Les consommations varient beaucoup suivant les espèces et cela influe sur $(DWL)_{sf}$ de telle manière que $(DWL)_{sw}$ est un critère particulièrement aléatoire. Dans son calcul de $(DWL)_{sw}$ en 1967, Freke choisit une valeur acceptable pour C_f, qu'il tire des valeurs figurant dans la littérature pour de nombreux radionucléides et de leur présence dans quatre groupes de produits marins: poissons,

crustacés, mollusques et algues. Le NAS-NRC (1959 a) fait un calcul semblable, quoique moins restrictif, en distinguant seulement les vertébrés et les invertébrés. Le groupe d'organismes qui montre la plus grande valeur de C_f est pris comme référence pour le calcul de $(DWL)_{sw}$.

Nous considérerons maintenant l'exemple suivant. La concentration du Zinc 65 dans les huîtres (*Crassostrea Virginia Gmelin*) est environ 100.000 fois plus grande que dans l'eau de mer. Pour notre démonstration, nous considérerons cette valeur comme le facteur-limite du Zinc 65 dans l'eau de mer. Nous avons ainsi à partir des équations (5) et (7):

$$(DWL)_{sw} = \frac{2200\ (MPC)_w}{30 \times I \times C_f}\ \mu Ci/cm^3 \qquad (8)$$

où:

$$(MPC)_w = 10^{-3}\ \mu Ci/cm^3$$
$$I = 260\ g/jour$$
$$C_f = 10^5$$

et:

$$(DWL)_{sw} = \frac{2200 \times 10^{-3}}{30 \times 260 \times 10^5} = 2{,}8 \times 10^{-9}\ \mu Ci/cm^3$$

Si l'équation (6) est utilisée pour calculer I (en prenant $P_c = 60$ sur la table 4) nous aurons alors $I = 1170$ g/jour et $DWL_{sw} = 1{,}26 \times 10^{-10}\ \mu Ci/cm^3$. Comme c'est généralement le cas dans l'estimation des facteurs de concentration, on considère dans l'équation (8) que les grammes et les centimètres cubes sont équivalents. L'estimation qui provient de $(DWL)_{sw}$ est incertaine. Comme nous l'avons montré, les facteurs I et C_f varient beaucoup et la rétention d'un isotope à partir d'un aliment marin n'est pas forcément la même qu'à partir de l'eau potable. Cependant la plus grande incertitude réside, peut-être, dans la sélection arbitraire d'une seule espèce (celle sur laquelle on possède des informations) comme référence de l'ensemble du calcul. Aucune espèce à elle toute seule n'est consommée uniformément par l'ensemble de l'humanité. L'adoption d'une valeur « moyenne » de C_f pour un ensemble étendu d'organismes similaires, par exemple les mollusques, est également inacceptable car certaines espèces, qui sont à la base de l'alimentation de certains pays, peuvent avoir des facteurs de concentration plus élevé. On peut éliminer beaucoup de ces inconvénients en considérant le problème sous l'angle de l'activité spécifique.

Activités spécifiques d'après la limite de travail dérivée pour le milieu marin. — C'est pour traiter le problème du rejet des déchets radioactifs dans les eaux de la côte américaine du Pacifique que l'on a employé pour la première fois la notion d'activité spécifique pour déterminer les niveaux-limites de radioactivité, suivant en cela les recommandations de la NAS-NRC en 1962. L'activité spécifique d'un isotope quelconque est définie par le rapport entre la quantité d'isotope radioactif d'un élément et la quantité totale de cet élément présente dans le milieu (μCi/g, ou équivalent). Cette façon d'agir est fondée principalement sur deux hypothèses: 1) On suppose qu'un isotope

radioactif d'un élément quelconque est en équilibre avec l'isotope neutre du même élément d'une façon telle qu'un organisme biologique concentrera indifféremment les phases radioactives et les phases stables. 2) On suppose que la proportion respective de chaque élément stable dans un organe du corps humain reste constante et ne subira pas de variation lors de l'ingestion de ces éléments. Ainsi, la distribution des radionucléides correspondra à la distribution des éléments stables dans le milieu.

Les données pour l'homme moyen (ICRP 1959) concernant un radioisotope et un organe donné, autre que l'appareil gastrointestinal existent déjà et permettent le calcul de l'activité-limite spécifique (MPSA):

$$(\text{MPSA}) = \frac{q}{m \times C} \qquad (9)$$

ou:

(MPSA) = Activité-limite spécifique (μCi/g)
q = Charge-limite d'un radioisotope dans un organe donné (μCi)
m = Masse de l'organe donné (g)
C = Concentration de l'élément stable dans l'organe donné (g/g).

La (MPSA) peut alors être convertie en DWL_{sw} (ou en DWL_{sf}) si on le désire) en multipliant simplement par la concentration de l'élément stable dans l'eau de la mer (ou dans les produits marins):

$$DWL_{sw} = K \times (\text{MPSA}) \qquad (10)$$

où: K = nombre de grammes de l'élément stable par cm^3 d'eau de mer.
La DWL_{sw} ainsi dérivée est indépendante des facteurs de concentration et des taux de consommation des produits de la pêche. Si la concentration-limite (MPC) est établie pour l'eau de la mer au lieu d'être établie pour les produits de la pêche, la décroissance naturelle du radioisotope apportera un facteur supplémentaire de sécurité. La radioactivité accumulée au premier stade de la commercialisation décroîtra au fur et à mesure de son passage à chaque niveau trophique. Ce processus sera partiellement compensé par l'accumulation biologique continue réalisée à partir de l'eau entourant l'organisme. Mais, pour la plupart des éléments et la plupart des organismes, ce renouvellement biologique de l'eau est suffisamment lent. La décroissance naturelle permettra donc à l'activité spécifique d'un radioisotope de se réduire d'une quantité significative, avant que l'organisme la contenant arrive au stade ultime de consommation. L'étendue de cette décroissance dépend, naturellement, de la période du radioisotope et du temps compris entre la pêche et la consommation. L'activité spécifique, telle qu'elle est calculée à partir des équations (9) et (10), doit pouvoir s'appliquer à n'importe quel cas, à l'exception des cas où l'appareil gastro-intestinal est le premier concerné. L'appareil gastro-intestinal est mis en cause lorsque les radioisotopes ne sont pas assimilés en quantités importantes et la $(DWL)_{sw}$ doit alors être dérivée de la radioactivité limite estimée pour les produits marins, selon les équations (5) et (7). Nous avons déja parlé des inconvénients de cette théorie. L'activité-limite spécifique (MPSA) d'un isotope dars le cas de l'appareil gastro-intestinal, pourrait

être calculée à partir de $(DWL)_{sw}$ et de la concentration de l'élément dans l'eau de mer (équation (10)). L'activité-limite spécifique peut n'être pas valable pour les individus qui ont consommé pendant un temps assez long de la nourriture et de l'eau contenant la MPSA d'un radioisotope. Dans ce cas, la charge du radioisotope dans le corps approcherait la charge-limite (mais sans l'atteindre à cause de la décroissance naturelle de la radioactivité de l'isotope au cours de ses transformations par le métabolisme) et la consommation d'une autre nourriture comportant une MPSA élevée, même si elle est inférieure à la MPSA-limite, porterait cette charge au delà de la limite valable pour le corps, ou pour l'appareil gastro-intestinal. Ce danger reste, pour le moment, un danger potentiel, car la radioactivité de notre milieu est encore loin de la MPSA, sauf (peut-être) sur des zones extrêmement restreintes.

Certains exemples de bioaccumulation ont amenés des chercheurs à se demander si le radioisotope d'un élément se comportait dans le milieu de la même façon que l'isotope stable du même élément. Par exemple, Schelske et ses collègues postulèrent que le pétoncle (*Aequipecten irradians* Lamarck) accumulait le Manganèse 54 à partir des retombées de particules dans l'eau de mer, car l'activité spécifique des tissus du pétoncle était plus élevée que celle de l'eau.

La table 5 (Isaacs 1964) donne les valeurs comparées de la $(DWL)_{sw}$ pour plusieurs isotopes suivant qu'elles sont calculées de façon classique ou à partir de l'activité spécifique.

TABLE 5

Valeurs comparées de $(DWL)_{sw}$ calculées de façon classique et d'après l'activité spécifique[a]

(1) Isotope	(2) Calcul [b] Classique PSC (μCi/ml)	(3) Calcul d'après l'activité [c] spécifique MPCC (μCi/g)	(4) (2)/(3)
Cobalt 60	5×10^{-9}	5×10^{-9}	1,0
Fer 59	3×10^{-9}	3×10^{-9}	1,0
Cuivre 64	6×10^{-9}	6×10^{-9}	1,0
Zinc 65	2×10^{-8}	$1,2 \times 10^{-8}$	1,67
Cesium 137	4×10^{-6}	$1,5 \times 10^{-4}$	0,0267
Strontium 90	5×10^{-8}	$3,4 \times 10^{-5}$	0,00147
Iode 131	2×10^{-9}	$1,6 \times 10^{-6}$	0,00125
Phosphore 32	1×10^{-9}	$2,8 \times 10^{-9}$	0,357
Soufre 35	$1,2 \times 10^{-5}$	$8,4 \times 10^{-3}$	0,00143
Calcium 45	$4,5 \times 10^{-6}$	$1,2 \times 10^{-4}$	0,0375

[a] D'après Isaacs (1964).

[b] Concentrations-limites pour l'eau de mer, telles qu'elles sont calculées par le NAS-NRC (1959 a) et révisées suivant les valeurs données par NRCP (1959) pour MPC_w et les facteurs biologiques de concentration les plus récents et les facteurs de réduction des doses applicables à l'ensemble de l'humanité d'après NAS-NRC (1962).

[c] Concentrations-limites pour l'eau de mer recommandées par NAS-NRC (1962). Toutes les valeurs, à l'exception de celles du Cobalt 60, du Fer 59, et du Cuivre 64 ont été calculées à partir des équations (9) et (10) mais ont été ensuite augmentées des facteurs de décroissance appropriés à chaque période physique et biologique de chacun des isotopes.

La Table 5 montre que les valeurs calculées à partir de l'activité spécifique conduisent à des normes moins strictes pour le rejet des déchets radioactifs dans la mer. Puisque les trois premiers nucléides de la Table 5, — le Cobalt 60, le Fer 59 et le Cuivre 64 — concernent l'appareil gastro-intestinal, leurs valeurs dérivées sont nécessairement identiques quand elles sont calculées par les équations (5) et (7). Pour les autres isotopes, le calcul des valeurs, d'après l'activité spécifique, autorise une radioactivité qui peut être supérieure de 1.000 fois à celle du milieu marin à l'état naturel. Il faut souligner que les valeurs de MPCC (Table 5 colonne 3) ont été calculées pour représenter les valeurs réelles des *limites de sécurité* de la radioactivité dans l'eau de la mer, alors que le calcul classique (Table 5, colonne 2) est basé sur des facteurs de sécurité très mal définis. Le calcul d'après l'activité spécifique est entaché des défauts suivants: 1) Il n'est pas valable pour calculer la dose-limite de rayonnement intéressant l'appareil gastro-intestinal; 2) lorsque que la charge radioactive d'un homme approche de la charge-limite, l'activité *totale* de ce que contient son appareil intestinal devient de la plus haute importance et cela indépendamment de ce qu'est l'activité spécifique.; et 3) les radionucléides introduits dans le milieu peuvent se prêter, plus ou moins facilement, à l'accumulation biologique que les éléments stables correspondants, c'est à dire que la base totale du calcul peut, à un certain moment, être complètement fausse.

Le calcul à partir de l'activité spécifique est surtout valable pour les isotopes à longues périodes ou ceux qui sont introduits en continu dans le milieu et sont, de ce fait, des contaminants chroniques. Ces radio-isotopes disposent d'un temps assez long pour se mettre en équilibre avec les isotopes stables déja présents dans le milieu. Il s'ensuit, qu'après le temps initial de son introduction, la plus grande partie du radioisotope sera distribué de la même façon que l'isotope stable. C'est probablement le cas du Césium 137 et du Strontium 90 qui proviennent de retombées dans la biosphère, bien qu'aucun de ces deux isotopes ne soit encore en équilibre dans les parties les plus profondes de l'océan (Broecker, Bonebakker, et Rocco 1966). Cependant, dans le cas d'une contamination intensive, les radioisotopes peuvent être introduits sous une forme physique ou chimique différente de celle des isotopes stables présents dans le milieu, et l'accumulation biologique de la radioactivité peut être indépendante de la distribution de l'élément stable. Actuellement, presque toute la radioactivité introduite dans le milieu est comparable à une contamination intensive car les concentrations importantes de la plupart des radioisotopes ne sont pas encore diluées mais sont localisées aux environs immédiats de la contamination. Au fur et à mesure que la contamination se généralisera, c'est à dire que les charges en radioactivité de certaines portions du milieu approcheront de leurs limites de sécurité, on pourra, de plus en plus, prendre l'activité spécifique comme base de calcul. Entre temps, il est nécessaire de contrôler plus étroitement les cas de contamination « intensive » en fonction de la nature de l'effluent contaminateur, des conditions locales et de la distribution des éléments stables dans le milieu contaminé. Le mode de calcul classique contient certainement des approximations dans le sens de la securité mais il est néanmoins basé sur les principes solides de l'accumulation biologique et il convient donc pour protéger la population des dangers du rayonnement.

Les techniques que nous appliquons au problème de la contamination de

notre milieu par la radioactivité doivent être révisées continuellement pour tenir compte des informations nouvelles.

Les limites concernant les déchets aqueux radioactifs qui peuvent être rejetés dans le milieu sont actuellement basées sur la supposition que l'eau contaminée servira d'eau potable ou que les gens consommeront de grandes quantités de poissons, de coquillages ét d'autres produits marins pêchés au voisinage immédiat de la décharge industrielle. Les calculs qui conduisent aux spécifications des taux de rejet (ou de la concentration maximale de radionucléides dans l'effluent) sont basés sur des estimations pessimistes: du comportement des radionucléides dans l'eau contaminée, de la reconcentration de radionucléides particuliers par les organismes marins ou aquatiques, des taux de consommation des parties comestibles des produits marins, et de l'accumulation et de la rétention des radionucléides chez l'homme. Beaucoup des données que nous utilisons sont empiriques et sont probablement trop pessimistes à cause du manque de données certaines.

De nombreux laboratoires dans le monde entreprennent des recherches sur l'écologie de la radioactivité pour améliorer ces estimations et donner aux limites calculées de plus grandes marges de sécurité ainsi que pour acquérir les connaissances nécessaires pour pouvoir tenir compte de la contamination radioactive imprévue. Des recherches supplémentaires seraient particulièrement utiles sur les sujets suivants:
1) le sort des matériaux radioactifs déversés dans les eaux de la nature, 2) la reconcentration des radionucléides par des organismes aquatiques importants, 3) l'efficacité du transfert des radionucléides dans les tissus alimentaires, 4) le flux des rejets intensifs de déchets radioactifs et les conséquences sur les communautés aquatiques et 5) les effets d'une exposition chronique des organismes aquatiques et des populations à des niveaux peu élevés de radioactivité. Des recherches poussées dans ces domaines nous garantiraient que nous ne sommes ni trop libéraux ni trop restrictifs dans notre politique vis à vis du rejet des déchets radioactifs dans le milieu aquatique.

Beaufort, N. C., Radiobiological Laboratory. (*Supported jointly by the Bureau of Commercial Fisheries and the U. S. Atomic Energy Commission*).

D. A. Wolfe et T. R. Rice

(Traduit par C. Cardot - Gif-sur-Yvette)

BIBLIOGRAPHIE

Anonymous. - 1966. *Water re-use.* Chem. Eng. News 44 : 90-100.

Aten A. H. W. Jr. - 1961. *Permissible concentrations of radionuclides in sea water.* Health Phys. 6 (3-4) : 114-125.

Broecker W. S., E. R. Bonebakker and G. C. Rocco. - 1966. *The vertical distribution of cesium 137 and strontium 90 in the oceans.* J. Geophys. Res. 71 (8) : 1999-2003.

DeLaguna W. et al. - 1963. *Disposal by hydraulic fracturing.* Health Phys. Div. Annu. Rep. USAEC Rep. ORNL-3492.

Diem K. (editor). - 1962. *Documenta Geigy Scientific Tables.* Ardsley, New York, p. 512.

Dunster H. J. - 1958. *The disposal of radioactive liquid wastes into coastal waters.* Proc. 2nd U.N. Int. Conf. Peaceful Uses At. Energy, Geneva 18 : 390-399.

FEDERAL RADIATION COUNCIL. - 1960. *Background material for the development of radiation protection standards.* FRC Staff Rep. No. 1. 39 p.

1961. - *Background material for the development of radiation protection standards.* FRC Staff Rep. No. 2. 19 p.

FOSTER R. F. - 1959. *The need for biological monitoring of radioactive waste disposal.* Sewage Ind. Wastes 31 (12) : 1409-1415.

FOSTER R. F. and J. F. HONSTEAD. - 1967. *Accumulation of zinc-65 from prolonged consumption of Columbia River fish.* Health Phys. 13 (1) : 39-43.

FREKE A. M. - 1967. *A model for the approximate calculation of safe rates of discharge of radioactive wastes into marine environments.* Health Phys. 13 (7) : 743-758.

GROSCH D. S. - 1965. *Biological effects of radiations.* Blaisdell Publishing Co., Waltham, Mass. 293 p.

HONSTEAD J. F. and D. N. BRADY. - 1967. *The uptake and retention of ^{32}P and ^{65}Zn from the consumption of Columbia River fish.* Health Phys. 13 (5) : 455-463.

HONSTEAD J. F. and P. W. HILDEBRANDT. - 1967. *Uptake and retention of zinc-65 from certain foods.* Health Phys. 13 (6) : 649-652.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. - 1965. *Radioactive waste disposal into the ground.* IAEA Safety Ser. No. 15. 111 p.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. - 1959. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection* (adopted September 9, 1958). Pergamon Press, New York. vi + 18 p.

1960. - *Report of ICRP Committee II on permissible dose for internal radiation (1959), with bibliography for biological, mathematical and physical data.* Health Phys. 3 : 1-380.

1966. - *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection* (adopted September 17, 1965). ICRP Publ. No. 9. Pergamon Press, New York. iv + 27 p.

ISAACS J. D. - 1964. *Discussion on R. T. P. Whipple. Considerations on the siting of outfalls for the sea disposal of radioactive effluent in tidal waters.* Adv. Water Pollut. Res. 3 : 26-33.

KINSMAN S. - 1958. *Background radiation exposures of the general population.* Amer. Ind. Hyg. Ass., J. 19 : 8-14.

LIBBY W. F. - 1955. *Dosages from natural radioactivity and cosmic rays.* Science 122 (3158) : 57-58.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES—NATIONAL RESEARCH COUNCIL. - 1956. *The biological effects of atomic radiation.* NAS-NRC, Washington, D. C. XIV + 108 p.

1960. - *The biological effects of atomic radiation.* NAS-NRC, Washington, D. C. xiii + 90 p.

1959. - *Radioactive waste disposal into Atlantic and Gulf coastal waters.* NAS-NRC Publ. 655. viii + 37 p.

1959. - *Considerations on the disposal of radioactive wastes from nuclear-powered ships into the marine environment.* NAS-NRC Publ. 658. xviii + 52 p.

1962. - *Disposal of low-level radioactive waste into Pacific coastal waters.* NAS-NRC Publ. 985. xii + 87 p.

NATIONAL COMMITTEE ON RADIATION PROTECTION. - 1954. *Radioactive-waste disposal in the ocean.* Nat. Bur. Stand. Handb. 58. 7, 31 p.

1954. - *Permissible dose from external sources of ionizing radiation.* Nat. Bur. Stand. Handb. 59. A4, 79 p.

1959. - *Maximum permissible body burdens and maximum permissible concentrations of radionuclides in air and in water from occupational exposure.* Nat. Bur. Stand. Handb. 69. viii + 95 p.

POLIKARPOV G. G. - 1966. *Radioecology of aquatic organisms.* Reinhold, New York. 314 p.

SCHELSKE C. L., W. D. C. SMITH and J. LEWIS. - 1966. In Annual report of the Bureau of Commercial Fisheries Radiobiological Laboratory, Beaufort, N. C., for the fiscal year ending June 30, 1965. U. S. Fish Wildl. Serv., Circ. 244 : 12-14.

STRUXNESS E. G. - In Press. *Permanent disposal of radioactive wastes.* Proc. 2nd Nat. Symp., Radioecol., Ann Arbor, Mich., May 15-17, 1967.

WEAVER C. L. - 1967. *A Proposed Radioactivity Concentration Guide for Shellfish Radiol.* Health Data Rep. 8 (9) : 491-494.

YAMAGATA N. - 1965. *Evaluation of marine contamination with radioisolopes of long half-lives.* Health Phys. 11 (10) : 1005-1008.

L'ORGANISATION NEURONALE DES MÉCANISMES CÉRÉBRAUX

L'étude de la structure et des propriétés du système nerveux à différentes périodes de l'évolution suggère l'existence de trois types fondamentalement différents d'organisation neuronale: 1) le type diffus généralisé ayant pris son origine dans les réseaux nerveux des Coelentérés rend possible des régulations générales non spécifiques, pas très précises, mais hautement reproductibles à cause de la pluralité des tractus de liaison; 2) le type localement spécialisé issu des ganglions des invertébrés et des segments de la moëlle épinière des vertébrés. Il rend possible les réflexes simples locaux et généraux, hautement précis, mais moins reproductibles à cause de la stricte spécialisation des systèmes de liaison; 3) l'organisation probabiliste-statistique des ensembles neuronaux ayant leur source dans les structures écran des parties supérieures du cerveau, où les liens probabilistes sont hautement sûrs et où la réaction statistique est hautement précise. Ce type a servi de base au développement des mécanismes plastiques de l'activité mentale.

Le cerveau a toujours attiré et il attire toujours une plus grande attention des chercheurs dans les différents domaines de la science que n'importe quel autre organe du corps humain. Et cela n'est pas étonnant. Les processus vitaux les plus compliqués et les plus cachés, reflétés dans nos pensées et nos sensations, se déroulent dans le cerveau. Durant les cent dernières années, grâce aux efforts conjugués de naturalistes dans de nombreux pays, nous avons appris sur l'activité cérébrale davantage qu'on en avait appris depuis l'époque d'Hippocrate jusqu'au siècle dernier.

En 1963, en accord avec la résolution de l'UNESCO, les communautés de chercheurs, partout dans le monde, ont célébré le premier centenaire de la publication du livre « Réflexes du cerveau » du physiologiste russe I. M. Sechenov. Le titre de ce livre est devenu depuis le programme des recherches sur les mécanismes physiologiques des activités mentales. Les découvertes faites par l'Italien A. Galvani (1791) sur la manifestation électrique de l'excitation nerveuse, par le Français P. Flourens (1824) lorsque certaines parties du cerveau étaient excisées, par G. Fritch et E. Hitzig en Allemagne (1870) lorsque la stimulation électrique du cerveau était appliquée d'abord, révélaient certains côtés de l'activité réflexe.

Au début de notre siècle, l'Anglais C. Sherrington (1906) découvrit les particularités fondamentales de l'organisation structurale des réflexes des niveaux inférieurs du cerveau. Quelques années plus tôt, en Russie, I. P. Pavlov (1903) avait découvert les réflexes conditionnés - le mécanisme de fonctionnement de l'activité nerveuse supérieure.

Mais ce n'est comparativement que récemment, à la suite des tentatives victorieuses pour enregistrer les décharges d'impulsion des cellules nerveuses séparées au moyen de microélectrodes que de grands progrès ont été accomplis dans l'approche d'une possibilité de description de l'activité des mécanismes cérébraux en termes d'activité neuronale.

On peut s'informer des données qui se sont rapidement accumulées dans ce domaine, en lisant les travaux fondamentaux publiés par R. Granit (1955),

D. Eccles (1953-1957), D. S. Vorontzov (1961) et T. Bullock et G. Horridge (1965).

Différentes structures du cerveau apparurent déployer différentes formes d'activité dans les unités neuronales du cerveau, que l'on est en droit de considérer comme ayant été formées sur la base des divers types de l'organisation fonctionnelle de la cellule nerveuse. Les morphologistes trouvent trois types d'organisation du système nerveux qui ont été élaborés dans le cours de son évolution: le type diffus, le type garglionnaire et le type tubulaire.

Le type diffus est particulier aux formes primitives des vertébrés. L'Hydre peut servir de bon exemple de ce type. Les neurones sont dispersés partout sur le corps, les liens neuronaux avec les autres neurones l'entourant sont multiples. Le résultant en est un réseau de cellules nerveuses particulier, avec le corps des cellules formant le ganglion et les ramifications constituant les boucles du réseau, l'excitation captée en tout point du réseau se répand librement partout dans celui-ci y compris pratiquement le système nerveux entier de l'animal.

La structure diffuse du système nerveux des Coelentérés s'est évidemment formée sous l'influence de la spécificité de leur activité motrice. Les mouvements lents et diffus en général, chacun d'eux en règle générale impliquant de nombreuses tentacules et la majeure partie du corps, sont accomplis par la contraction d'un grand nombre de fibres musculaires lisses.

Pour les innerver, les signaux doivent être diffus et se diffuser largement à travers les nombreux systèmes. Dans ce cas, il n'y a pas de spécialisation étroite des système de jonction, la conduction des impulsions pouvant se faire par l'intermédiaire des diverses boucles du réseau des nerfs. L'interaction des cellules nerveuses se produit dans un système nerveux diffus en accord avec la théorie des probabilités des chances, et non selon les règles du simple déterminisme. Ceci explique les propriétés principales d'une telle organisation: généralisation et non discrimination des réactions effectuées par l'organisation d'une part, et leur extraordinaire plasticité d'autre part, qui rend leur réalisation possible, même dans les cas où certaines jonctions nerveuses sont endommagées.

Comme le type diffus du système nerveux est éminemment adaptable, certains traits de cette organisation ont été sauvegardés dans le processus de l'évolution et ils peuvent être trouvés dans la texture et les propriétés de certaines structures du cerveau non spécifiques chez l'homme et les animaux supérieurs. Les structures réticulaires du rameau cervical qui ont une influence générale sur le niveau d'excitabilité du cortex (D. Moruzi, G. Magoun, 1949; G. Jasper, 1949) peuvent servir d'exemple. Les connexions interneurenales multiples constituent des réseaux, dans lesquels l'excitation se propage largement, par divers systèmes de jonction. Des connexions multiples de ce type maintiennent l'efficience des parties supérieurs du cerveau responsables de la perception du monde.

Le type ganglionnaire de structure du système nerveux rend possible un caractère très compliqué du comportement des invertébrés depuis le ver de terre jusqu'à l'insecte, celle de leurs merveilleuses communautés qui nous donnent l'illusion de l'existence d'une vie « sociale » parmi eux. Les noeuds et les chaînes nerveux sont caractérisés par des concentrations de neurones en groupes compacts, chaque groupe innervant une partie définie du corps. Les cellules nerveuses sont strictement divisées en cellules afférentes d'entrée recevant les signaux des effets de l'environnement sur l'organisme et en cellules

efférentes de sortie, par le truchement desquelles les actions en réponse sont réalisées.

Entre ces deux divisions, les neurones intermédiaires font des connexions dirigeant l'excitation le long de trajets définis.

Ce type d'organisation neuronale rendit possible l'étroite spécialisation des tractus pour les signaux avec différentes significations, qui était la condition nécessaire au développement de tous les réflexes, depuis le simple mouvement défensif jusqu'au déploiement le plus compliqué d'instincts.

Parvenant aux centres nerveux le long de systèmes définis, les signaux sont véhiculés séparément le long de chaînes de neurones définis. Dans notre laboratoire, L. D. Karpenko (1963) a montré que même dans les ganglions nerveux des mollusques, on observe un type strict de spécialisation des neurones, dont la participation dans un acte réflexe possède un caractère déterminé.

L'interaction des cellules nerveuses dans le système nerveux ganglionnaire, contrairement au système diffus, ne suit pas les lois du hasard, il est plus strictement déterminé. Cela explique la localisation plus étroite et la spécialisation des réflexes qui conduit au développement de formes fixées multiples, et les mouvements sont précis. Cependant, toutes ces propriétés ont été acquises aux dépens d'une baisse aiguë dans la plasticité.

Un tel système ne peut pas encore effectuer un réflexe, disons, un mouvement de défense en utilisant différents neurones interchangeables, dans différentes conditions. Le mécanisme réflexe devient plus exact, il fonctionne maintenant avec une plus grande précision, mais en même temps sa plasticité et sa faculté à s'adapter aux changements fonctionnels s'effondrent. Evidemment, le développement de cette tendance débouche sur le comportement merveilleusement stéréotypé des insectes, obéissant à leurs instincts « aveugles ».

Le type tubulaire du système nerveux des vertébrés s'est développé comme des chaînes de neurones avec des fonctions fixées, effectuant des mécanismes réflexe segmentaires. La base de ce type de système nerveux est le strict déterminisme dans l'organisation des cellules nerveuses. Le même type de déterminisme conditionnait l'activité du système ganglionnaire des invertébrés. Le cas évident d'une telle organisation neuronale, c'est le mécanisme du réflexe de la marche dans la moëlle épinière des vertébrés. Là, les cellules nerveuses sont reliées d'une manière telle que lorsque, p. ex., l'articulation du genou est pliée, un nombre de neurones spécialisés sont automatiquement impliqués dans l'action pour inhiber les extenseurs de cette jambe et les fléchisseurs de la seconde jambe. En même temps les extenseurs de la seconde articulation du genou sont excités ainsi que les fléchisseurs de la première articulation du genou. Le « schéma » de la connexion des cellules nerveuses étant strictement fixé, un tel mécanisme peut reproduire le cheminement stéréotypé pas par pas avec la précision d'un automate.

Mais, d'autre part, la complication significative de tels « schémas » exige un grand nombre de cellules nerveuses en fonctionnement, ce qui rend le schema pas assez sûr.

A une telle organisation « schématique » des mécanismes réflexe stéréotypés, la logique du centre nerveux est complètement déterminée par la logique de la connexion des neurones en laquelle elle consiste.

Les réflexes décrits ci-dessus du ganglion oesophagien de l'escargot (Helix pomatia) de même que de la moëlle épinière de l'homme peuvent être représentés par des schémas semblables de connexions neuronales formelles en ac-

cord avec les règles de la théorie dite des réseaux de nerfs développée par W. McCulloch et W. Pitts (1943).

On peut appeler cette sorte d'organisation de localement spécialisée conformément au caractère de l'interaction des neurones et des propriétés des réflexes.

Cependant, il y a quelques défauts dans la stricte fixation des neurones même dans les mécanismes de régulation les plus responsables du mouvement dans la moëlle épinière. Par exemple, dans un acte moteur complexe, de nombreuse cellules nerveuses interviennent, lesquelles peuvent, à un certain degré, se remplacer les unes les autres (M. A. Alexeev, V. S. Gurfinkel, 1964).

On peut trouver davantage de lacunes encore dans l'étroite spécialisation et le type « schématique » de connexion des neurones dans l'activation d'un mécanisme nerveux vitalement important tel que le centre respiratoire.

Et à la fin, dans les régions supérieures du cerveau, la tendance aux connexions neuronales « sans plan » augmente encore davantage. Cette tendance atteint son point extrême dans les structure écran (A. A. Zavarzin, 1950) du cortex remplissant des fonctions d'activité mentale. Pratiquement, il ne reste rien là de l'organisation « schématique » et l'on a des raisons de parler de l'apparition d'un nouveau principe d'organisation statistico-probabiliste « dépourvue de plan » des éléments neuronaux comme dans les systèmes fonctionnels des régions supérieures du cerveau (A. B. Kogan, 1962, 1964, 1964).

Le caractère le plus frappant d'une telle organisation statistico-probabiliste, c'est la participation variable de neurones à la réalisation de ces fonctions du centre nerveux auxquelles ils prennent part.

Comme on l'a mentionné ci-dessus, les neurones du système nerveux ganglionnaire, segmentaire et tubulaire, en général, répondent avec une décharge semblable d'impulsions à chaque stimulation provoquant un réflexe.

Au contraire, les neurones des parties supérieures du cerveau, ceux responsables des fonctions analytiques en particulier, réagissent de cette manière seulement dans quelques cas exceptionnels.

La Fig. 3 montre l'enregistrement simultané de l'activité d'impulsion de deux neurones du plafond mésencéphalique de la grenouille, responsable de l'analyse visuelle la plus élevée (O. G. Chorayan, 1963). L'un des neurones répond à chaque éclair de lumière par des décharges stéréotypées constantes d'impulsions. Les réponses de l'autre sont extrêmement variables dans leur latence et taux de décours, de même que dans leur fréquence et leur nombre d'impulsions. Le cas extrême est l'effacement complet des réponses. L'exploration du caractère de l'activité continue des impulsions des neurones, qui était le fond de la stimulation, les changements dans les intervalles entre les éclairs, les tentatives pour mettre en évidence la régularité latente dans des réponses variables, tout cela a montré qu'une telle variabilité peut s'expliquer ni par des changements de l'état fonctionnel du cerveau dans son ensemble, ni par le fait que la stimulation coïncide avec différentes phases après l'impulsion de décharge constante propre du neurone, ni par la conséquence de l'effet préalable de l'éclair.

Ainsi, on doit reconnaître que la structure écran de l'analyseur visuel de la grenouille consiste principalement dans la pluralité des neurones qui participent à la réponse à la stimulation de diverses manières. Il n'y a que quelques neurones qui ont des fonctions fixées, lesquelles, il est possible, servent d'orien-

tateurs projectionnels. Une telle inconstance montre que l'excitation centrale se propage à l'aide de diverses connexions interneuronales.

Aucun « schéma » défini de neurones liés ensembles ne peut être vu ici. On peut parler seulement de la probabilité d'utilisation d'un neurone ou d'un autre parmi un grand nombre d'entre eux.

Les impulsions passent le long des neurones de la structure écran en conformité avec les lois des probabilités, ce qui est le résultat de l'accroissement évolutif du nombre des connexions interneuronales. En même temps, l'activité constante d'impulsion devient de plus en plus arhytmique à cause des interactions accrues de rhytmes des divers neurones. L'abondance de connexions autorise à former et reformer économiquement divers « schémas » d'activité en utilisant un nombre limité de neurones différents en opérant les actes de l'activité nerveuse. La reproduction de tous ces « schémas » au moyen de l'organisation « schématique » exigerait un nombre énorme de cellules nerveuses, ce qui apparaît pratiquement impossible.

L'organisation neuronale statistico-probabiliste dans les structure écran du cerveau est aussi caractérisée par le fait qu'elles interréagissent dans différentes fonctions non individuellement, mais en tant que corps ou ensembles imbriqués de telles structures. On a examiné théoriquement leurs propriétés dans différents modèles de cerveau (D. Hebb, 1949; P. Milner, 1957 et d'autres). Dans notre laboratoire (A. B. Kogan et O. G. Chorayn, 1965), on a révélé certaines propriétés spatiales de tels ensembles. Les interrelations de deux neurones dans le lobe oculaire du cerveau de la grenouille ont été trouvées différentes et dépendre de la distance entre eux. On l'a démontré dans l'expérience de l'enregistrement simultané des décharges des deux neurones.

Trois types d'interrelations révélées par l'expérience sont montrées dans la Fig. 5. Le premier type représente les réponses appariées excitatrices et inhibitrices à la stimulation, ce qui signifie qu'à l'éclair de lumière les deux neurones font leurs décharges constantes d'impulsion plus fréquemment et puis les ralentissent. De telles interrelations sont typiques des paires de neurones avec une distance entre eux pas plus élevée que 200 mk.

Dans le second type d'interrelations neuronales, un neurone de la paire fait ses décharges d'impulsions plus fréquemment, tandis que l'autre les ralentit. Ce type est caractéristique des neurones avec une distance entre eux de plus de 200 mk, mais de moins de 500 mk.

Enfin, le troisième type d'interrelations neuronales unit tous les types moins définis et plus compliqués d'interrelations. Les réponses de l'interrelation des neurones aux éclairs de lumière apparaissent être irrégulières. La distance entre les neurones de ce type est plus de 500 mk.

De tels orientateurs topographiques définis montrent que chaque ensemble de neurones réagissant semblablement occupe environ 0,03 millimètres carrés dans la structure écran de l'analyseur optique du cerveau de la grenouille. Alors il est d'importance que chaque ensemble neuronal étant excité inhibe ceux voisins. Les cellules nerveuses isolées de certains organes récepteurs, p. ex. l'oeil de Limulus, ont été reconnues avoir une ainsi dite « inhibition latérale » (G. Hartline, 1949). Cette espèce d'inhibition rend le contraste de clarté d'une image meilleur. Evidemment, les cellules centrales des parties cérébrales des analyseurs commencent à interagir non séparément, mais comme des ensembles, des suites de cellules.

On peut considérer chaque ensemble comme unissant quelques noyaux

de neurones. Cette opinion est basée sur les données mentionnées ci-dessus des sites de tels ensembles et des résultats des recherches histologiques d'une densité moyenne de cellules neuronales dans le lobe optique du cerveau de la grenouille. On doit rappeler que deux microélectrodes enregistreuses peuvent atteindre non les mêmes ensembles de neurones, mais des ensembles voisins, la distance entre eux peut être comparativement courte, p.ex. 150 mk. Dans ce cas, la probabilité des première et seconde situations peut être calculée théoriquement, p.ex. le pourcentage probable de paires neuronales, réagissant ensemble ou en tant qu'opposées.

Les définitions données ci-dessus nous donnent le droit de considérer le diamètre d'un ensemble neuronal optique dans le toit mésencéphalique de la grenouille comme égalant approximativement 200 mk.

La distribution statistique des nombres de paires de neurones agissant ensemble ou à l'opposé a révélé un degré élevé de coïncidence dans les résultats expérimentaux et les calculs théoriques.

Evidemment, l'évolution des parties supérieures du cerveau fut accompagnée par une réorganisation essentielle de leurs ensembles de neurones. Ainsi, le transfert des fonctions de l'analyse optique la plus élevée depuis le mésencéphale de l'amphibien dans le nouveau cortex du cerveau antérieur des mammifères devint manifeste, en même temps que l'accroissement des nombres de couches dans les structures écran, par la complication des réponses électriques et des réactions neuronales (G. D. Smirnov, 1963). Les caractéristiques d'espace des ensembles neuronaux changent aussi en conséquence de l'exfoliation considérable de la surface réceptrice de la structure écran et le fait qu'elle devient spatiale au lieu de plane.

Probablement, l'une des manifestations de tels changements c'est le groupement de neurones réagissant ensemble en une colonne spéciale depuis la surface jusqu'aux couches cellulaires les plus profondes (V. M. Mountcastle, 1957).

Les recherches sur les interconnexions de l'activité d'impulsion enregistrée simultanément de certains neurones, effectuées dans notre laboratoire, sur le cortex du rat (A. G. Suchov, 1965), du cobaye (G. S. Klepach, 1965) et du lapin (I. P. Dikareva, 1965) ont montré que chez les mammifères l'organisation en ensembles des neurones des parties supérieures du cerveau recélant certaines propriétés communes à tous les vertébrés, acquièrent certaines propriétés particulières. Le caractère commun des réactions des cellules nerveuses avoisinnantes est une propriété commune.

Cependant, cette règle apparaît être vraie seulement pour les neurones, enregistrés simultanément par la même microélectrode, c.-à-d. depuis la zone où les champs électriques se chevauchent.

Dans le cas où la distance est plus importante, les interrelations des réactions neuronales sont beaucoup plus difficiles à détecter. Egalement, des réponses communes à la stimulation ont été détectées dans des cellules distantes de 1-2 millimètres.

Quelques autres traits communs de l'organisation ont été révélés en comparant les résultats moyens des expériences chez différents animaux. Ces résultats sont montrés dans le Tableau I.

Le tableau montre que le rapport du nombre total de neurones réagissant par excitation et de ceux réagissant par inhibition demeure étonnamment constant dans le cortex cérébral de tous les animaux: deux neurones excités pour

un neurone inhibé. Ce rapport apparaît être vrai pour différentes zones du cortex analyseur (somato-sensorielle et optique) lorsque différents stimuli sont appliqués (cutané, lumineux, électrique direct). Les données les plus nombreuses et statistiquement les plus sûres d'expériences chez le cobaye montrent qu'un tel rapport entre neurones excités et inhibés reste presque le même, même à l'intérieur de chaque couche corticale prise séparément.

TABLEAU 1

La distribution des neurones dans les couches du cortex et leurs réponses à la stimulation par excitation ou inhibition et leur pourcentage.

Espèces animales	*Région du cortex et espèce de la stimulation*	*Type de la réaction*	*Nombres et pourcentages des neurones réactifs*	*Couches du cortex*					
				I	*II*	*III*	*IV*	*V*	*VI*
rats	cortex sensomoteur stimulation électro-cutanée	excitatrice	12 67 %	—	—	—	2	8	2
		inhibitrice	6 38 %	—	—	—	1	5	—
cobayes	cortex optique, stimulation lumineuse	excitatrice	668 70 %	50 71 %	64 73 %	136 75 %	117 67 %	146 71 %	85 67 %
		inhibitrice	282 30 %	20 29 %	24 27 %	45 25 %	93 33 %	58 29 %	42 33 %
lapins	cortex optique, stimulation lumineuse	excitatrice	84 66 %	—	4	—	51 74 %	16 64 %	13 48 %
		inhibitrice	44 34 %	—	3	—	18 26 %	9 36 %	14 52 %
lapins	cortex somato-sensoriel, stimulation cutanée et musculaire	excitatrice	52 63 %	—	1	8	—	12 60 %	31 65 %
		inhibitrice	30 37 %	—	3	—	2	8 40 %	17 35 %

Encore plus étonnant est que ce rapport de deux neurones excités à un neurone inhibé demeure même dans le cas des convulsions épileptiques causées par stimulation électrique directe du cortex du rat (A. G. Suhov, 1965).

Ce fait suggère que l'état épileptique n'est pas l'excitation totale des cellules nerveuses de la région des convulsions, mais plutôt une espèce de correction des ensembles neuronaux si le rapport des cellules excitées aux cellules inhibées doit rester le même.

En se basant sur les données mentionnées ci-dessus nous considérons que cette stabilité décelée du rapport des neurones excités et inhibés est l'une des propriétés importantes de l'organisation fonctionnelle des ensembles neuronaux dans les territoires de l'analyseur du cortex cérébral des mammifères.

L'étude de l'organisation neuronale du cerveau révèle la construction exceptionnellement compliquée de ses mécanismes centraux. Cette complexité est le résultat de leur adaptation continue et séculaire par le truchement de la création de formes toujours nouvelles d'organisation cellulaire nerveuse. En remontant le courant de l'histoire, la neurophysiologie tente de comprendre la nature de la perfection constructive qui est résultée de l'apparition du phénomène naturel le plus frappant et le plus mystérieux - la vie mentale.

Rostov-on-Don, Rostov State University.

A. B. KOGAN

(Traduit par B. Bizzini - Neuilly-sur-Seine)

LA DIMENSION DE L'UNIVERS DANS LA PENSÉE GRECQUE

On peut classer les réalisations cosmologiques de la Renaissance sous deux rubriques: — 1) Un groupe d'hommes de sciences orientés vers les mathématiques, se composant principalement de Cusanus, Copernic, Galilée, Kepler et Newton, graduellement et pour tout le temps à venir, dépouilla le modèle Grec traditionnel de l'Univers de tous ses caractères inhibiteurs et frustrateurs de centralité, de circularité et de sphéricité. — 2) Un autre groupe, se composant principalement, mais non exclusivement, de philosophes, avec Giordano Bruno à l'avant-garde, s'efforça de dépouiller le modèle Grec traditionnel de tous ses traits de caractère fini de dimension et de rendre l'Univers aussi vastement ouvert et aussi totalement infini que possible. Maintenant, les théories cosmologiques du 20ème siècle, à la fois les relativistes et les téléoscopiques, ont restreint et même répudié les affirmations du second groupe, et, dans notre opinion, ont justifié et renforcé les suppositions des Grecs sur la dimension de l'Univers. Les Grecs soutenaient, très judicieusement, que l'univers a une dimension « indéfinie », ou qu'il est « complet » par sa dimension, et nous allons tenter d'élucider la signification de ces deux possibilités à la lumière de nos connaissances actuelles.

1. - INTRODUCTION. — L'Univers est-il fini ou infini?

Avant que nous ne poursuivions par une analyse quelconque de cette question, on pourrait s'attendre à ce que nous définissions, avec quelque précision, ce que, pour notre contexte, les attributs de l'Infini et du Fini sont supposés être; mais cela nous ne pouvons le faire et ne le ferons pas. Le dessein de la présente étude c'est de poser fermement la question ci-dessus sur la cosmologie grecque, et d'essayer de découvrir à partir de cela quelle espèce de réponse ou de réponses à cette question étaient impliquées, ou contenues dans le développement de la pensée grecque. Cependant, les cosmologies grecques n'étaient pas construites sur des concepts antérieurs de Fini, Infini, et autres de la sorte, mais, au contraire, elles étaient un cadre important pour le développement de telles notions, et ce serait par conséquent contraire à notre but de démarrer avec des conceptions fixées de notre part. Plutôt, nous allons supposer qu'on nous donne les conceptions de Fini et d'Infini de citoyens, communes à une couche générale d'intellectuels, et à nouveau nous posons la question: l'univers est-il infini ou fini?

Le 19ème siècle prenait généralement pour établi que l'univers était infini, même aussi totalement infini et largement ouvert que Giordano Bruno (1548-1600) l'avait dépeint [1], encore que, vu à partir de notre revue, il subsistât quelques pressentiments sur d'autres développements encore à venir [2]. Un changement décisif se produisit tôt dans le 20ème siècle, avec la publication, en 1917, d'un mémoire d'Albert Einstein [3]. Celui-ci suggérait de but en blanc, comme une spéculation scientifique, que l'univers pourrait n'être pas seulement fini, mais même clos, c'est-à-dire topologiquement compact, ce qui est le mode le plus restrictif du caractère fini qu'il y ait; et toujours depuis, notre monde tout entier, tant celui de la réalité que de la pensée, n'a jamais plus été le même, littéralement ainsi. Il y a de nos jours maints modèles cosmologiques à l'examen, certains finis, et certains pas, et, par exemple, les

modèles avec une « création continuelle » (Bondi, Gold, et Hoyle) sont plutôt éloignés du caractère ordinaire de fini, mais même les derniers univers ne sont pas aussi dépourvus d'entraves dans leur caractère illimité que l'univers du public entre 1700 et 1900 avait coutume de l'être.

On peut prendre ce qui suit comme une mesure du changement de perspective. En Angleterre, aux 17ème et 18ème siècles, le Platonicien Henry More (1614-1687) et l'érudit Richard Bentley (1662-1742), parmi d'autres, insistaient sur le caractère infini de l'univers virtuellement comme d'une profession de foi anglicane [5], mais, au 20ème siècle, en 1931, l'évêque de Birmingham, le mathématicien, philosophe de la nature et érudit de l'église Ernest William Barnes (1874-1953), affirmait: « Il est à peu près certain que notre espace est fini, bien que non limité. L'espace infini est simplement un scandale à la pensée de l'homme ... les alternatives sont incroyables » [6].

Dans l'ensemble, dans notre pensée contemporaine la dimension de l'univers se situe quelque part entre le fini et l'infini, et le thème du présent article c'ost le fait que, par naïveté ou précocité, tel était également le cas dans la pensée grecque. Spécialement, l'univers d'Aristote n'était pas tout à fait aussi fini qu'on ne le présente habituellement, et l'univers des premiers atomistes Leucippe et Démocrite n'était certainement pas aussi infini que prétendu parfois. Quant à son étendue, l'univers grec était, pour la plus grande partie, « indéfini », mais chez Parménide sa structure est « complète », et c'est l'objet principal de la présente étude de suggérer que cette notion de Complet se prête à un certain degré de mathématisation, même si la notion d'Indéfini ne s'y prête probablement pas.

Cependant, la notion d'Indéfini, encore que non rigoureuse, traverse tout le cours entier de la cosmologie moderne aussi. René Descartes (1596-1650), le parangon moderne de la Raison Droite et de la Pensée Claire, appelait son univers, qu'il dénommait *extension*, indéfini, et aucun assaut d'harcèlement par Henry More ne fit changer celui-ci en infini [7]. Egalement, Nicolas Copernic (1473-1543) avant Descartes, et Isaac Newton (1642-1727) après Descartes, désignaient ensemble la dimension de l'univers d'« immense », ce qui était leur version d'« indéfini », et rien ne les eut fait changer ni l'un ni l'autre [8]. Finalement, les estimations de nos jours de « la Profondeur de l'Univers en Expansion » sont rédigées en termes semblables. Même si l'on considère la possibilité que des télescopes toujours plus puissants révéleraient toujours davantage de galaxies, toutefois le déplacement vers le rouge des ondes provenant des galaxies lointaines - qu'on l'explique par la théorie de Edwin P. Hubble (1889-1953) ou par la théorie de E. A. Milne (1896-1950) - réduit la présence « effective » de galaxies éloignées par rapport à nous, d'autant plus ainsi que plus lointaine la galaxie; ainsi, dans un sens spécial s'élève une « frange de l'univers » sur laquelle les galaxies « s'évanouissent dans le néant »[9], ce qui est une manière de dire que la dimension de l'univers est indéfinie plutôt qu'infinie.

Avant de retourner à notre sujet lui-même, je désire affirmer, expressément et avec emphase, que nous ne sommes pas le moins du monde en train de suggérer que, dans la cosmologie, le 20ème siècle reprenait là, où l'Antiquité Classique abandonnait. Loin de cela. Les Grecs, très gauchement, encombraient leurs modèles de l'univers avec divers traits de centralité, de circularité et de sphéricité, qui étaient restreignants, frustrateurs et exaspérants; et cela exigea des efforts prolongés de Cusanus, Copernic, Galilée, Kepler et Newton pour balayer ces obstacles [10]. Nous ne faisons que suggérer que dans la

question de la dimension globale de l'univers, les Grecs eurent des anticipations remarquables, et qu'ils parvinrent à des vues qui sont en quelque sorte éternelles.

2. - L'Infini et le Fini. — Le mot grec usuel pour « L'Infini » c'est *to apeiron* (τὸ ἄπειρον; *a* = non, *peras* = borne, limite) [11], et il a beaucoup d'emplois, dans les Sciences et les Lettres, la Poésie et la Prose [12]. Dans sa signification - que l'on doit inférer du contexte - *apeiron* va de: infini, illimité, sans bornes, à travers les voies détournées de: indéfini, indéterminé, indéfinissable, jusqu'à: vaste, énorme, etc. [13].

Apeiron devint un mot à la stature occidentale à l'origine même de la Philosophie Grecque Rationnelle, lorsqu'il fut forgé en un mot-clé de la philosophie naturelle par Anaximandre de Milet (610-545 av. J.-C.), un contemporain plus jeune de Thales, dont Diogène de Laërte osait dire, que c'était Anaximandre et ainsi pas Thales - avec lequel la philosophie spéculative (grecque) commença réellement [14].

Bien avant cela, *apeiron* paraît, directement ou par un analogue voisin, quelques fois chez Homère, et l'*Iliade* virtuellement s'ouvre et se clot avec lui. En fait, dans le chant I de l'Iliade, au vers 13, on dit que le prêtre Chryses porte vers les vaisseaux des Achéens, une énorme rançon (ἀπερεισι' ἄποινα; *apereisi' apoina*) pour la libération de sa fille. Et au chant 24, le vers 776 exprime que c'était une foule *innombrable* (δῆμος ἀπείρων; *demos apeiron*), devant laquelle Hélène parla pour la dernière fois, avec des lamentations.

D'autre part, longtemps après Anaximandre, à l'aube de la seconde phase de la civilisation grecque, à savoir au début de l'Héllenisme (325-300 av. J.-C.), *apeiron* apparaît dans l'une des phrases les plus célèbres des mathématiques grecques, à savoir dans l'axiome d'Euclide sur les parallèles, ainsi:

« Que, si une droite interceptant deux droites produit les angles intérieurs sur le même côté intérieurs à deux angles droits, les deux droites, si elles sont prolongées *indéfiniment* (ἐπ' ἄπειρον; *ep' apeiron*), elles se rencontreront sur ce côté sur lequel les angles sont moindres que deux angles droits » [15].

Il y a une telle variété de nuances dans la signification d'*apeiron* qu'aucun antonyme global à celui-ci ne put être formé. Si *apeiron* signifie *infini* dans un sens quantitatif, alors son antonyme usuel, avec la signification de *fini*, est *peperasmenon* (πεπερασμένον) [16]. Mais, contrairement à *apeiron*, *peperasmenon* n'a jamais acquis un cachet littéraire. Il ne fut pas employé par les poètes ou par les philosophes présocratiques orientés vers la poésie, et même les Pythagoriciens ne furent pas attirés par lui. Aristote rapporte un tableau Pythagoricien de 10 paires d'opposés, qui est conduit par la paire fini-infini. Le mot utilisé pour infini est naturellement *apeiron*; cependant, le mot pour fini est simplement le nom *peras* (limité; πέρας) [17], et Platon imite cette usage pythagoricien dans un passage assez long dans le dialogue de *Philebus* (23C - 26D) [18].

Une expression intéressante pour *fini* se rencontre chez Parménide (6 siècles av. J.-C.). Réellement, ainsi que nous tenterons de le montrer plus tard, la notion parménidienne de *fini* est plus proche de notre conception de *complet* que de notre conception vraie de *fini*, mais pour le moment nous n'avons pas à en tenir compte. Parménide construit, avec sa propre imagerie, un univers extraordinaire, une espèce de sphère (σφαῖρα; sphaira) [19], dans laquelle les

caractères cosmologiques et ontologiques se mêlent étrangement. Cette sphère est dans un certain sens *finie*, et Parménide exprime ceci en disant, deux fois, qu'elle est *en peirasi* (ἐν πείρασι) [20], ce qui peut être traduit soit par: *dans* des bornes [21], ou par *à l'intérieur* des bornes (ou limites) [22]. La seconde traduction a l'avantage, si c'est un avantage, que dans les mathématiques actuelles elle pourrait passer comme un équivalent du terme technique *fini*; encore que, dans son propre contexte chez Parménide, le mot *peiras* exsude une vigueur et une mystique de poésie [23].

3. - L'Indéfini. — La poésie biblique se glorifie dans la Création Divine de l'Univers, mais il semble n'y avoir aucunes allusions à la dimension infinie ou indéfinie des mesures cosmiques. Mais dans les oeuvres d'Homère et d'Hésiode, bien qu'elles soient beaucoup moins théocratiques, il y a des expressions en forme de formules sur l'immensité de la Terre et de la Mer, et le mot *apeiron* et ses équivalents surgissent [24]. Les expressions grecques les plus anciennes pour l'immensité se rapportent aux étendues horizontales, et des affirmations sur l'étendue indéfinie de ce qui est verticalement au-dessus et au-dessous de l'horizon furent plus lentes à émerger. Il y a chez Hésiode une allusion à la profondeur du Tartare, mais non une affirmation qu'il est indéfiniment grand [25].

Cependant, à partir du 6ème siècle av. J.-C. il y a de sauvegardé deux expressions poétiques claires sur l'étendue indéfinie (*apeiron*) de ce qui est en-dessous de la surface de la Terre, l'une dans un fragment attribué, de façon un peu incertaine, au grand poète lyrique Pindare, et l'autre dans un fragment de Xenophane, un poète de la Théologie et de la Philosophie Naturelle.

Le premier fragment (≠ 130 Bergk), un chant funèbre (*Threnos*), dit ceci sur les rivières de l'Enfer:

« De l'autre bord, les flots, qui coulent lentement de la nuit sombre, vomissent d'infinies (apeiron) ténèbres » [26].

Le fragment de Xenophane (B28, Diels-Kranz), dans une excellente traduction de Guthrie, est le suivant:

> A nos pieds
> Nous apercevons cette limite supérieure de la Terre
> limite commune avec l'air, mais en-dessous
> elle s'étend *sans limite* (es apeiron) [27].

L'*apeiron* dans ce fragment se rapporte évidemment seulement à ce qui est sous la surface et il n'est pas justifié [28] de l'appliquer également à ce qui est au-dessus de l'horizon. Il est moins clair si *apeiron* dans ce fragment signifie indéfini ou infini. Des commentateurs ont débattu de ce point pendant les dernières cent années, et la plupart d'entre eux optent pour indéfini [29]. Pour ma part je suspecte que Xenophane était quelque peu flou dans la pensée logique, qu'il n'avait certainement pas dans son esprit une distinction nette entre infini et indéfini, et qu'il n'aurait pas saisi ce que la dispute de nos commentateurs visait.

Environ 200 ans après que Xenophane eut fait sa déclaration sur la Profondeur de l'En-dessous, Aristote apparemment en eut ressouvenance, lorsque dans le *De Caelo* (294a 11 - 294b 30) il réunit les opinions de ses prédecesseurs sur la manière et la raison dont la Terre est au repos dans l'univers, comme elle l'est apparemment. Aristote affirme que certaines des solutions du problème offertes

sont pires que pas de solution, et il assaille abruptement Xenophane - duquel il n'avait vraiment pas dans l'ensemble une très haute opinion [30] - pour avoir dit que la Terre « poussait ses racines jusqu'à l'infini » (*ep' apeiron*), suggérant ainsi qu'elle s'étend vers le bas indéfiniment. Et Aristote arc-boute sa mise en accusation de Xenophane en citant, verbatim, un passage d'Empédocle qui - sans mentionner de noms - réprimande vivement tous ceux qui, de manière ignorante mais bruyante, affirment que les profondeurs de la Terre et le vaste éther sont illimités (*apeiron*) [31].

Nous avons raconté ceci parce que, très longtemps après Aristote, au 6ème siècle av. J.-C. à l'époque crépusculaire entre la Tardive Antiquité et les Premiers Temps Obscurs, Simplicius, le grand exégète d'Aristote, a fait de tout cela la brillante observation suivante (Xenophane, fragment A47, Diels-Kranz) qui pourrait être tirée d'un chapitre sur la relativité du mouvement dans un livre actuel sur les Principes de la Mécanique.

« Je n'ai jamais eu l'occasion de lire les lignes relatives de Xenophane, et ainsi je ne sais pas si en disant que l'en-dessous de la terre est infini (*apeiron*) il entendait qu'elle (c'est-à-dire la terre) est immobile, ou que l'espace, et l'éther sous la terre, est infini de sorte que la terre apparaît être au repos même si elle se meut sans cesse vers le bas ».

Ceci est suivi chez Simplicius par la critique modérée suivante d'Aristote et d'Empédocle:

« Car, ni Aristote ne clarifie la matière, ni les vers d'Empédocle ne l'analysent clairement; en fait 'profondeurs de la terre' pourrait également signifier ces étendues dans lesquelles elle descend ».

L'observation sur la relativité du mouvement est de la bonne Science, la critique cependant est une douteuse Histoire de la Science. Il n'y a rien qui suggère que le texte original de Xenophane, même en entier, aurait éclairé Simplicius dans son alternative, ou en fait si Xenophane était intellectuellement équipé pour en comprendre la signification. Les déclarations scientifiques au 6ème siècle av. J.-C., encore que « rationnelles », tenaient encore de l'aphorisme et de l'oracle, plutôt que de la systématique et de l'analyse, et ce n'est qu'au cours du 5ème siècle av. J.-C. que la question de Simplicius fût devenue compréhensible d'une façon générale.

Aristote était déjà à moitié conscient de cette complication inhérente aux développements historiques [32], et, dans l'ensemble, en jugeant la rigueur de raisonnement formelle d'un philosophe, Aristote tendait à être d'autant moins exigeant, que l'activité du philosophe était plus antérieure. Ainsi, bien qu'Aristote fût déjà passablement critique envers Xenophane, il demeurait encore tout à fait compréhensif envers Anaximandre, qui avait vécu environ un demi-siècle plus tôt que Xenophane, et Aristote sondait la « véritable » signification de l'*apeiron* d'Anaximandre avec retenue, patience et respect.

C'est un fait notoire qu'Aristote éprouve une évidente répugnance à mentionner Anaximandre par son nom. Dans l'essai vaste sur l'*apeiron* en Physique, Livre 3, chapitres 4-8, Anaximandre n'est mentionné qu'une fois, dans 203b 14, et même là pas au sein d'une des affirmations fondamentales sur la conception de l'Infini, et de ses modes d'existence et de survenue, mais seulement à l'intérieur d'une déclaration pseudo-liturgique suivant laquelle l'Infini est divinement immortel et éternel. On peut expliquer cette répugnance par la supposition qu'Aristote, même avec le livre d'Anaximandre sous les yeux, était incapable de concevoir, dans le fond, ce que le propre *apeiron* était réelle-

ment, ou projetait d'être - c'est-à-dire, comme une donnée de la science - et que par conséquent Aristote dut établir pour lui-même ce qu'*apeiron* était réellement, « objectivement », pour ainsi dire.

On peut comprendre les difficultés d'Aristote si l'on considère que le livre d'Anaximandre avait déjà presque plus de 200 ans lorsque Aristote écrivait son propre essai sur l'*apeiron*; que c'était le premier livre sur la Science de la Nature [33], peut-être un précis des différentes sciences avec un chapitre sur l'*apeiron* préfixé [34]; et que, par une affirmation chez Simplicius - qui peut bien avoir trouvé son origine chez Theophraste, le disciple et le successeur d'Aristote - Anaximandre, dans son écrit, faisait usage de métaphores qu'il n'était pas aisé d'interpréter [35]. Egalement, il arrive fréquemment dans des travaux de pionniers de la science que les premières déclarations de l'auteur sur une nouvelle conception sienne, ou sur une nouvelle interprétation d'une conception déjà apparue antérieurement, sont lâches, ambiguës, sur-déterminées et contradictoires. Il y a des indications que l'*apeiron* d'Anaximandre était quelque peu « Indéterminé », et qu'il réunissait divers aspects d'indétermination qui se fondaient en quelque sorte les uns dans les autres. Dans la vision d'Anaximandre de l'*apeiron* étaient impliqués apparemment, beaucoup-en-un, un caractère indéfini « macroscopique » de la dimension; un caractère indéfini « microscopique » de la divisibilité; et un caractère indéfini de la nature physique d'une substance génératrice particulière, un *arché*. qui n'était ni l'espace ni la matière, qui persistait cependant dans une éternité indéfinie, était responsable de la croissance et du dépérissement, et incarnait les attributs divins de l'impérissable et de l'immortel.

En science, une telle accumulation de traits du caractère indéfini dans une seule conception globale ne sont pas du tout une marque de primitivité ou d'une antiquité retardée, et il est probable qu'ils surviennent toutes les fois que l'observation, ou l'expérimentation, a gagné de vitesse le raisonnement. En tous cas dans la physique de Descartes [36], sa *matière subtile*, spécialement lorsque « fondue » avec son *extension*, possède tous les attributs d'un *apeiron* ainsi qu'énumérés. Spécialement, ainsi qu'établi dans l'Introduction, Descartes soutenait fermement que la taille de son *extension* est indéfinie et non infinie; et nous allons produire un autre exemple de la proximité des principes fondamentaux de Descartes à ses antécédants grecs. Les Grecs n'identifièrent jamais leur espace de la Nature, qui était *chora* ou *topos* (= lieu) [37], avec leur espace en mathématiques; et pour ce dernier espace ils n'avaient même pas un nom conceptuel, ni nulle part chez Euclide, Archimède, Apollonius, et dans d'autres sources. Descartes lui avait un nom conceptuel pour l'espace de sa *La Géométrie*, l'appelant, avec une grande maturité, *espace qui a trois dimensions* [38]; mais apparemment il ne « l'identifie » pas avec son *extension*, laquelle, de ce que je peux voir, est son espace de la physique qui correspond au grec *chora-topos*.

Un *apeiron* plus récent, qui, dans un sens, est le descendant de la « matière subtile » cartésienne, c'est l'éther de l'électrodynamique du 19ème siècle; elle a retenu, sous une forme modifiée, les traits principaux du caractère indéfini cartésien, ainsi qu'on peut en inférer des ouvrages systématiques à son propos[39].

Finalement, le 20ème siècle a crée un *apeiron* entièrement nouveau, à savoir les Particules Elémentaires, et tous les traits du caractère indéfini de l'*apeiron* original d'Anaximandre sont présents, et cependant étonnament différents. Le caractère indéfini « macroscopique » de la dimension est devenue

la règle de Max Born que pour de grands assemblages de particules dans l'espace la densité de réalisation est une probabilité et non une certitude; le caractère indéfini « microscopique » est l'ainsi dite loi d'incertitude de Werner Heisenberg que pour deux ou davantage attributs d'une particule il y a des limites inférieures fixées théoriquement pour les degrés optimaux de précision avec lesquels on peut observer ces quantités conjointement; le caractère indéfini de la nature physique de l'*arché* est devenu le principe de Louis de Broglie que toute particule élémentaire a deux réalisations possibles, l'une corpusculaire et l'autre ondulatoire, en fonction des circonstances; elles sont « impérissables » et « immortelles », et dans ce sens que l'« annihilation » et la « création » de particules n'est rien d'autre qu'une transmutation d'une espèce en une autre; et en dernier lieu les particules sont appariées en corps opposés de « Particule » et d'« Anti-Particule » et les explications actuelles à ceci sont, en vérité, pas plus convaincantes que les explications pythagoriciennes du pair-impair, un-multiple, carré-rectangle, etc. [40].

Pour revenir aux Grecs, nous observons que la physique alors, comme aujourd'hui, fut mise en mouvement par des visionnaires et par des artisans, et si Anaximandre fut un visionnaire, son plus jeune compatriote Anaximène fut alors un artisan, l'un des artisans-physiciens-modèles de tous les temps. Si « le style, c'est l'homme », alors une caractérisation pénétrante d'Anaximène, fut donnée par Diogène de Laërte, lorsque celui-ci dit d'Anaximène huit siècle après son époque: « Il écrit simplement et sans affectation dans le dialecte ionien » [41]. Egalement, Diogène essaye habituellement, s'il le peut, de rapporter quelques anecdotes vivantes sur ses « éminents philosophes », mais Anaximène est l'un de ceux sur lesquels il ne sait rien.

Anaximène, en tant que solide physicien de son époque, fut beaucoup intéressé par l'existence des divers états d'agrégation dans la nature, et il enseigna qu'ils se produisaient par des transformations physico-chimiques convenables d'une substance génératrice unique, qu'il appella l'*air* (ἀήρ; aer), quoi qu'elle soit en réalité. Apparemment l'univers dans son ensemble était pour Anaximène un unique grand système physique, le plus grand qui fut, et il répugnait à affirmer à propos de son air ou de son univers, qu'il était *apeiron*, c'est-à-dire, indéfini ou infini [42]; hormis que dans le seul fragment subsistant de lui (B1, Diels-Kranz), qui n'est pas très sûr, Anaximène dit: « Tout comme notre âme, qui est air, nous tient assemblé, ainsi *pneuma* (πνεῦμα; *respiration*?) et l'air entourent le cosmos entier »; et on prend habituellement ceci pour impliquer que, pour Anaximène, le cosmos est *immense* ou *indéfiniment grand*, ou ainsi,- à cause de l'intriguant parallélisme suivant.

Selon Aristote, une spéculation pythagoricienne assez précoce en cosmologie relie *pneuma* avec *apeiron*, ensemble avec *Vide* (κενόν; kenon) et *Nombre* (αριθμός; arithmos), et Aristote le met ainsi (Physica, Livre 4, chapitre 6; 213 b22):

« Les Pythagoriciens aussi, prétendaient que le Vide existe et que *pneuma* et le vide pénètrent à partir de l'*apeiron* (l'*Illimité*?) dans le Ciel lui-même, qui en tant que tel respire; le vide distingue la nature des choses, étant une sorte de facteur de séparation et de distinction entre les termes dans les séries. Ceci se produit primairement dans le cas des nombres; car le vide distingue leur nature » [43].

Cette suggestion pythagoricienne qu'il y a une immensité extra-cosmique en dehors et au-delà du cosmos lui-même, et que, dans un certain sens, il est

un *apeiron*, a été faite de temps en temps depuis; et l'assertion pythagoricienne - faite en termes de « respiration » - que cette immensité interagit avec les « substances » possède une étrange résonance moderne. Presque toutes les théories actuelle de l'Univers en Expansion admettent en quelque sorte que les galaxies les plus éloignées au bord de l'Univers, lorsqu'elles « avancent », créent devant elles également un « Vide » dans lequel elles avancent, et que ce vide devient un milieu pour les interactions gravitationnelles, électromagnétiques et peut-être aussi hydromagnétiques des galaxies entre elles [44].

4. - MONDES INNOMBRABLES. — Les philosophes présocratiques, ainsi que des philosophes successifs, étaient accoutumés de suggérer qu'il y a, ou qu'il pouvait y avoir, des quantités innombrables de mondes, où monde figure pour *ouranos* (οὐρανος; Ciel) ou *cosmos* (κόσμος) [45], et nous désirons indiquer que ces suggestions n'impliquaient aucunement de façon automatique que l'univers *total* (τὸ πᾶν; le Tout) devait être complètement infini.

Dans certains cas où les Anciens parlent de mondes innombrables il n'est, selon notre attitude contemporaine, même pas approprié de le faire du tout, car la multiplicité des mondes voulait dire seulement qu'elle était successive. Ainsi, dans la cosmologie d'Empédocle [46], et aussi dans le système des Stoïciens [47] il n'y avait apparemment qu'un unique univers absolument le même qui, cependant, dégénérait et se régénérait cycliquement dans un rythme périodique. Le système cosmologique d'Héraclite [48], s'il en avait un [49], peut avoir aussi été de cette sorte; et les vues cosmologiques de quelques Pythagoriciens ont pu être aussi orientées ainsi [50]. C'est mon jugement personnel que les spéculations grecques sur les cycles cosmiques étaient intellectuellement loin en-dessous des réalisations scientifiques grecques en général, et qu'ils étaient en quelque sorte tellement préscientifiquement vagues qu'il n'est même pas convenable de se demander si les univers en question étaient finis ou infinis ou quelque chose d'autre. Dans un sens vague, toutefois, ces univers étaient bornés, et à cela nous observons que la cosmologie du 20ème siècle a mathématiquement envisagé des univers cycliques qui sont même clos et strictement périodiques; et en relâchant le caractère strict de la périodicité un auteur pourrait même admettre l'irréversibilité thermodynamique aussi [51].

Alors que les univers purement cycliques étaient encore mythologiquement colorés, il y avait un type trompeusement semblable d'univers présocratique qui est scientifiquement très séduisant. Selon Aristote, il y avait une importante hypothèse cosmologique, professée par certains, qu'il y a « d'innombrables *cosmos*, certains en voie de se former et d'autres en voie de périr », et que « ces processus de formation et de périssement impliquent par nécessité le mouvement » [52]. Aristote n'associe pas de noms d'auteurs à cette hypothèse, peut-être parce qu'elle était, ou devenait plutôt répandue [53] et aussi qu'elle n'avait pas eu de premier créateur clairement spécifiable. Mais il semble certain que les principaux commentateurs et propagateurs de cette hypothèse avaient été Leucippe et Démocrite (5ème siècle av. J.-C.), les premiers et les plus imaginatifs atomistes depuis toujours [54], encore que certaines versions de cette hypothèse aient pu être conçues plus tôt, peut-être déjà par Anaximandre [55].

Il est douteux si Leucippe et Démocrite avaient dans leur pensée qu'il y a des mondes infiniment nombreux qui coexistent simultanément. Les quelques

mentions de mondes innombrables dans des témoignages sur eux ne suggèrent pas cela [56], mais ils suggèrent que, dans la pensée des premiers atomistes, l'accumulation des *cosmos* (= mondes) dans leur univers se comportait comme une accumulation d'étoiles dans une galaxie d'aujourd'hui, ou mieux encore, comme une accumulation de galaxies dans un amas de galaxies d'aujourd'hui. En fait, leurs *cosmos* étaient formés d'atomes par une certaine espèce d'« agglomération gravitationnelle » et ils étaient dissous à nouveau par une certaine espèce de « rupture gravitationnelle », avec des tourbillons (vortex = δίνη, dine) d'origine inexplicable [57] prenant part à l'un et l'autre processus. Le nombre de tels cosmos est invariablement établi comme *apeiron*. Si l'on traduit ceci par *immense* alors ceci s'insère dans la plupart des théories évolutives d'aujourd'hui, et la traduction: *indéfini* siérait aux théories de la « création continuelle » d'aujourd'hui. Mais il n'est ni nécessaire, ni convenable de la traduire par: innombrable, dans le sens d'*absolument infini*, comme on le fait habituellement.

Finalement, si Anaximandre, qui vécut considérablement plus tôt que les atomistes, disaient vraiment en effet qu'il y a une multiplicité de mondes, il semblerait vain d'essayer de décider aujourd'hui s'il voulait dire une succession temporelle ou une pluralité spatiale. Anaximandre peut n'avoir pas senti le besoin intellectuel de distinguer absolument entre pluralité successive et synchrone, et en même temps il peut avoir confusément senti que, comme dans les cosmologies relativistes contemporaines de la création continue, de telles distinctions ne peuvent pas être faites absolument. Selon notre revue, un philosophe grec de la première période pourrait très bien avoir été « primitif » et « avancé » en même temps.

5. - La Sphère de Parménide. — Parménide d'Elée envisageait un univers double; une sphère extraordinaire qui était l'incarnation de l'Etre Pur, et que nous avons déjà introduit dans la Section 2 ci-dessus, et un « système stellaire » qui était le monde de la réalité empirique. Nous n'allons ne nous occuper que de la sphère de l'Etre Pur.

Parménide n'était ni un mathématicien, ni un physicien, non plus qu'un philosophe de la nature, mais seulement un ontologiste, c'est-à-dire, une espèce de philosophe qu'il créait lui-même, et la sphère parménidienne a, de par toute sa splendeur ontologique, l'irréalité d'un univers en verre. Cependant, en recherchant un attribut ontologique qui exprimerait la dimension de cet univers, Parménide pressentait la conception mathématique générale des mathématiques d'aujourd'hui. Dans notre examen retrospectif, Parménide ne dit pas que pour la dimension sa sphère est infinie, ou indéfinie, ou qu'elle est finie, comme une première impression pourrait le suggérer; mais ce qu'il dit c'est que par sa structure elle est *complète* (τετελεσμένον; tetelesmenon), et il le dit deux fois, une fois « positivement », et une fois « négativement ».

La déclaration positive est (Fragment B8, 42-45):

« Mais puisqu'il y a une limite plus lointaine, elle est *complète* (*tetelesmenon*); dans toutes les directions; comme le corps d'une sphère bien ronde, du centre partout d'égale force »,

et la négative est (Fragment B8, 30-33).

« Car une Nécessité souveraine la tient dans les liens de la limite, qui encercle l'Etre, car il n'est *pas* juste pour l'Etre d'être *incomplet*, car il n'est pas dans la nécessité » [58].

Dans les mathématiques d'aujourd'hui il y a deux notions séparées mais apparentées de complétude, l'une pour un espace vectoriel avec peut-être des structures topologiques ou algébriques en lui, et une autre pour un espace topologique avec une structure additionnelle sur-imposée, à savoir, pour une variété avec une métrique riemannienne en lui. Puisque notre sphère est une variété, nous imputons à Parménide d'avoir pressenti le second cas.

Maintenant, évoquons une combinaison d'une variété avec la structure d'un univers et examinons alors un tel univers comme *complet* s'il est non continuable, signifiant que l'espace ne peut être étendu, *sous la sauvegarde d'une structure donnée*, en un espace plus grand de la même dimension. Pour le poser différemment mais de manière équivalente, dans cette perspective un univers est complet, s'il n'y a pas d'autre variété équi-dimensionnel, avec la même sorte de structure sur-imposée, dont la variété donnée est une part propre.

Dans cette définition, l'univers complet le plus assûrément se produit si, dans la terminologie de la topologie actuelle, la variété sous-jacente est compacte (ou «close»), de sorte que comme un complexe combinatoire il a la frontière zéro, parce que, pour un tel espace, l'univers est complet, dans notre sens, pour n'importe quelle structure sur-imposée à l'espace en supplément. La cosmologie du 20ème siècle est quelque peu consciente de ceci, et c'est cela qui fait revenir les cosmologistes aux univers clos toujours aussi souvent.

Mais beaucoup, et même la plupart des univers à l'étude sont « ouverts », c'est-à-dire non compacts, et nous allons vérifier, en montrant un modèle, qu'un univers peut être complet et cependant ouvert, même ouvert « de façon maximale » dans le sens suivant. Nous prenons pour admis qu'une cellule euclidienne unique est ouverte « maximalement », et que sa frontière combinatoire est topologiquement « maximale »; et nous allons montrer un univers de la sorte suivante: (i) l'espace sous-jacent est une cellule topologique, (ii) il y a une structure sur-imposée qui rend l'univers résultant complet, et cependant (iii) la structure est telle que, d'une manière très significative, chaque point de la frontière topologique de la variété est relatif à la structure, une « plus lointaine limite » (πεῖρας πύματον = *peiras pymaton*) comme demandé dans le premier passage de Parménide cité ci-dessus.

L'espace de notre univers va être partie d'un espace en coordonnées cartésiennes à trois dimensions, et la structure sur-imposée va être une métrique de Rieman. On désigne les trois coordonnées par (x,y,z). Nous introduisons la distance à partir de l'origine

$$r = (x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}, \tag{1}$$

de façon que $0 \leq r < \infty$, et pour $r \neq 0$ nous introduisons la direction cosinus

$$\alpha = \frac{x}{r}, \ \beta = \frac{y}{r}, \ \gamma = \frac{z}{r}. \tag{2}$$

pour laquelle

$$\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 = 1. \tag{3}$$

Nous choisissons pour notre espace l'intérieur d'une balle d'un certain rayon fini r_o, c'est-à-dire l'ensemble de points donnée par

(4) $$x^2 + y^2 + z^2 < r_o^2,$$

ou, de façon équivalente, par

$$0 \leq r < r_o.$$

C'est topologiquement une cellule, et la frontière de la cellule est la surface sphérique à 2 dimensions

(6) $$x^2 + y^2 + z^2 = r_o^2.$$

Ainsi, la frontière consiste en les points

(7) $$x = r_o\alpha,\ y = r_o\beta,\ z = r_o\gamma$$

pour tous les triplets de nombres possibles (α,β,γ) satisfaisant (3). Notre métrique riemannienne en (4) sera donnée par un élément en ligne

(8) $$ds^2 = h(r)^2\ (dx^2 + dy^2 + dz^2),$$

dans lequel le facteur h(r) est défini, continu et différenciable sur l'intervalle demi-ouvert (5), et il est positif là,

(9) $$h(r) > 0,\ 0 \leq r < r_o.$$

Puisque h(r) ne dépend que de la quantité (1), cette métrique est invariante par rapport aux rotations autour de l'origine, et ainsi notre univers est en effet « à partir du centre partout d'égale force », comme stipulé dans le passage de Parménide ci-dessus. Par conséquent n'importe quel rayon vecteur de l'univers, c'est-à-dire toute série de points

(10) $$x = r\alpha,\ y = r\beta,\ z = r\gamma,\ 0 \leq r < r_o$$

pour des (α,β,γ) fixés, est une ligne géodésique. Il se termine au point frontière (7), qui ainsi devient une «plus lointaine limite» comme Parménide le demande. La distance géodésique d'un point (x, y, z) à l'intérieur de la balle à partir du centre de la balle est

(11) $$\int_0^r h(t)\ dt,$$

et si nous faisons se mouvoir ce point vers sa « plus lointaine limite », cette distance devient

(12) $$\int_0^{r_o} h(t)\ dt,$$

que la valeur de cette intégrale soit finie ou infinie.

Si la valeur est infinie, notre univers est complet. Contrairement, si elle n'était pas complète, notre balle serait partie d'une variété plus grande avec une extension de la métrique donnée de Riemann. C'est pourquoi, au moins un des points (7) deviendrait un point intérieur du plus grand espace, et sa distance géodésique à partir du centre de la balle serait à nouveau l'intégrale (12), qui devrait être finie, contrairement au fait qu'elle est infinie.

En particulier, l'intégrale (12) est infinie si

$$h(r) = (r_o^2 - r^2)^{-1}.$$

Dans ce cas, notre univers est le modèle de Cayley-Klein de la géométrie hyperbolique non-euclidienne de Bolyai-Lobachevsky [59], et nous voyons que cet univers est complet.

Son « double », à savoir la géométrie elliptique non-euclidienne deRiemann-Beltrami, est également complète, pour la très solide raison que la variété sous-jacente est close, c'est-à-dire topologiquement compacte.

Cela nous laisse avec le cas euclidien, dans lequel la balle (4) est dotée de la métrique

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2, \tag{13}$$

qui est en (8) pour

$$h(r) = 1.$$

Dans ce cas, l'intégrale (12) a la valeur finie

$$\int_0^{r_0} 1.dt = r_0, \tag{14}$$

et notre balle (4) est en effet non complète. En fait, chaque domaine de l'espace euclidien qui contient la balle est une continuation de celui-ci. De plus, si en (14) nous mettons que r_0 tend vers ∞, alors la longueur devient infinie, et on peut interpréter ceci pour signifier que l'espace euclidien total, lorsque doté de la métrique (13), est un univers qui est pareillement complet. Aussi, même dans ce cas, tout rayon vecteur (10) indique une « plus lointaine limite » à l'infini qui est située dans la direction (α,β,γ); et ces plus lointaines limites prises ensemble peuvent être regardées comme une surface sphérique à l'infini qui renferme l'univers comme chez Parménide [60].

Comme il est évident d'un passage prolixe dans l'essai d'Aristote sur l'infini (206b 33 - 207b 32), dans lequel Parménide est mentionné par son nom, Aristote avait connaissance du fait que l'univers de Parménide était destiné à être complet, et il donne la très bonne et brève caractérisation suivante de la complétude:

« Lorsqu'il ne demeure rien au-dessus et au-delà, il y a quelque chose de *complet*, c'est-à-dire un *entier*, et un *entier* (par exemple, un homme entier ou une boîte entière) est, par définition, ce qui à quoi rien ne fait défaut » [61].

Cependant, cette bonne idée est défigurée par la fausse conception d'Aristote que la complétude n'est pas compatible avec l'infini, et ses vues sur la relation entre l'infini et la complétude peuvent être perçues dans les trois phrases suivantes prises ensemble:

« Est infini, ce dont il est toujours possible, par rapport à la quantité, de prendre une partie en dehors de ce qui a déjà été pris (207a 7-8).

« La dignité et la qualité enveloppante du tout est seulement attribuée à l'infini à cause d'une confusion superficielle de l'infini avec le tout (207a 20-22).

« En tant qu'infini, l'infini ne contient pas, mais il est contenu; en tant qu'infini il est par conséquent aussi inconnaissable, car la matière est informe. Alors il est évident que l'infini doit être traité comme un *aspect* (μόριον; *morion*) plutôt que comme un tout (207a 26-28). »

Pour quelque raison que ce soit, Aristote était opposé à l'infini absolu, spécialement en physique et en cosmologie. C'est pourquoi Aristote

félicitait Parménide de n'avoir pas déployé l'infini dans son univers, et il en voulait à Melissus, un continuateur de Parménide, d'insérer dans l'univers de Parménide quelques traits du caractère infini propres à lui [62]. Parfois, Aristote parle avec un mépris total de Melissus, mais dans le contexte présent il l'exprime relativement modérément ainsi:

L'opinion de Parménide que le monde, étant égal dans toutes les directions à partir du centre, est limité, doit être préférée à l'opinion de Melissus que le tout est infini (207a 17-19) ».

Si Aristote avait tort en supposant que la complétude et l'infini sont incompatibles, alors, 250 ans plus tard, le grand poète latin Lucrèce (Titus Lucretius Carus; ler siècle av. J.C.) n'avait pas raison en affirmant (*De natura rerum*, Livre 1, 958-987) que notre univers ne peut pas être représenté par une boule de rayon fini r_o, comme dans la géométrie hyperbolique, mais seulement par une boule de rayon infini, comme dans la géométrie euclidienne. Lucrèce utilise un argument « percutant » contre le caractère fini de r_o et les lignes suivantes sont fréquemment citées:

« Supposons maintenant que tout espace a été créé fini, si l'on devait courir à l'extrémité, à ses rives les plus lointaines, et lancer un javelot, penseriez-vous que ce javelot, lancé avec puissance et adresse, continuerait s'il était accéléré et volerait au-delà, ou pensez-vous que quelque chose puisse ralentir ou stopper son vol » [63].

Ainsi, Lucrèce prend pour établi, que si, par chance, l'espace sous-jacent de notre univers peut être représenté par une boule de rayon fini r_o dans un espace cartésien, alors l'extérieur cartésien de la boule, c'est l'ensemble des points donné par

$$x^2 + y^2 + z^2 \geq r_o^2, \tag{15}$$

s'attache quelque peu intellectuellement à notre univers et qu'il ne pourrait pas être structurellement dissocié de celui-ci.

A la défense de Lucrèce et de maints autres chercheurs et poètes après lui, on peut dire que seulement dans l'intervalle des dernières cent années ou presque les mathématiques établirent réellement, clairement et fermement, qu'il est possible de regarder une boule (4), même avec un r_o fini, comme un « espace » entièrement en soi, auto-suffisant et auto-satisfaisant, sans contrainte intellectuelle pour associer l'ensemble (15) en tant que son « extérieur » avec lui. Une anticipation mathématique de cette vue relativement récente peut être ramenée à Nicolas de Cuse (15ème siècle ère chrétienne), mais pas au-delà, hormis que l'on peut en détecter le pressentiment physique et cosmologique chez Aristote, comme nous allons le voir encore dans la Section 7.

Mais avant d'en venir à cela, nous allons faire une observation supplémentaire sur le caractère complet de l'univers, même si elle n'a pas trait au problème de la dimension de l'univers, qui est le sujet avoué du présent article.

6. - Stabilité et Etat stationnaire. — La principale conclusion ontologique de Parménide, sous son aspect physique, peut être décomposée en deux stades successifs. Premièrement, puisque l'univers est structurellement complet il est physiquement stable, et ainsi il persiste dans une certaine analogie uniforme, éternellement, même non-temporellement; et secondement, puisque

l'univers est stable, il est inerte et immobile, et toute chose est aussi non-engendrée et impérissable.

Le seconde moitié de la seconde étape, à savoir que toute chose et n'importe quelle chose est non-engendrée et impérissable était, en soi, pas trop troublante. Ainsi, les atomistes Leucippe et Démocrite, pour lesquels la matière était atomiquement discontinue, et Anaxagoras, pour lequel la matière était moléculairement granulaire [64], pouvaient l'interpréter pour signifier que l'engendrement et la corruption advenaient simplement par dissociation ou association de particules immuables, pourvu que les particules puissent se mouvoir. Et dans la perspective d'Aristote, pour lequel la matière était distribuée continuellement par granulation [65], tout engendrement ou décomposition « authentiques » de la matière n'est rien que la transformation d'une espèce de substance en une autre [66]; tout juste comme dans notre physique contemporaine des Particules Elémentaires, la formation « et l'annihilation » ainsi dites des particules n'est rien que la transformation des particules d'une sorte en celles d'une autre sorte.

Mais la première moitié du second stade, à savoir l'affirmation que l'univers, étant stable, est totalement immobile, est non réelle et inacceptable. Il y a de nos jours deux procédés pour éviter cette affirmation, et les deux furent découverts par les Grecs.

Le premier procédé nie simplement le premier stade chez Parménide que l'univers est inaltérablement stable; il suppose qu'il y a des événements qui violent la stabilité, et on admet habituellement que la manifestation d'un tel événement c'est la formation d'un vortex. Les Grecs savaient cela [67]; même Héraclite et Empédocle, dans leurs démarches très vagues, admettaient qu'il y avait certaines espèces d'instabilités tourbillonnaires se produisant périodiquement. Mais, de manière beaucoup plus mûre, Anaxagoras et aussi les atomistes, dans leurs démarches multiples, supposaient que l'instabilité tourbillonnaire se produisait une fois, et entraînait la formation de l'univers; dans les temps modernes il y a eu beaucoup de telles hypothèses, en commençant par l'Hypothèse de Kant-Laplace dans la seconde moitié du 18ème siècle, et toute supposition de ce type doit reconnaître l'oeuvre d'une Puissance extra-rationnelle, c'est-à-dire d'un *Nous*, comme Anaxagore l'appelait.

Un second procédé fut inauguré par Aristote (Physica, Livre 1, chapitre 2). Aristote accepte bien la première étape de Parménide que notre univers est invariablement stable, mais, très scientifiquement, il égale la stabilité ontologique avec l'état stationnaire physique; et l'état stationnaire en physique n'est pas du tout identique avec l'immobilité, il s'en faut de beaucoup. Ainsi, dans l'acoustique et l'hydrodynamique actuelles, un processus stationnaire peut admettre un mouvement périodique général, physiquement semblable au mouvement circulaire qu'Aristote assume pour son univers dans le livre 8 de la *Physica* et dans le *De Caelo*. De plus, dans la cosmologie actuelle, même les modèles stationnaires qui admettent la « création continuelle » sont stationnaires d'une manière qui les rend insérables dans la stabilité de Parménide, dans un sens.

7. - Place et Matière. — Dans la *Physica* d'Aristote, l'essai sur l'Infini (Livre 3, ch. 4-8) est suivi par un essai sur la place (topos, τόπος; Livre 4, ch. 1-5), que nous avons analysé antérieurement suivant notre propre approche [68]. Pour toute partie propre de l'univers Aristote définit sa place comme « la

frontière interne de ce qui le contient », signifiant que la place de n'importe quelle partie propre de l'univers est déterminée par la frontière interne de ce qui l'entoure dans l'univers. Dans le dernier chapitre de l'essai, c'est-à-dire dans le chapitre 5, Aristote essaye, par divers moyens, d'assigner une place à l'univers dans son intégrité, et nous ajoutons l'observation suivante à ce que nous avons dit à ce sujet auparavant. Aristote essaye, encore que de façon maladroite, d'exprimer le fait que l'univers, bien qu'aussi fini qu'une boule (4) de la section 5 ci-dessus, ne possède *pas* réellement un extérieur, comme (15), mais néanmoins il a une frontière, comme (6), qui est internement définie, et que c'est cette frontière qui détermine un espace pour celui-ci.

Il est évident que les exégètes hellénistiques et médiévaux d'Aristote eurent des difficultés presque insurmontables avec la section 5, lorsqu'ils essayèrent de l'élucider complètement et de manière univoque. Thomas d'Aquin dans son propre Commentaire sur la *Physica* (dans Leçon 7 sur le Livre 4) [69] rapporte, de manière critique, les efforts d'Alexandre d'Aphrodisias (260), Themistius (360), Avicenne (ibn Sina; 980-1037), Avempace (ibn-as-Saigh ibn-Bajji; 1138), et Averroès (ibn Rushd; 1126-1198). La plus proche de notre connaissance d'aujourd'hui c'est l'opinion d'Alexandre que « la dernière sphère en aucune façon est en place » (ultima sphaera nullo modo est in loco) [70], que l'on peut interpréter pour impliquer que la frontière intrinsèque de l'univers - c'est-à-dire notre enveloppe sphérique (6) - n'est pas elle-même une partie de l'univers, même si elle le détermine.

Dans le *De Caelo* Aristote s'occupe de la physique spécifique de l'univers, et dans le Livre I, ch. 5-7, il affirme et déduit que, dans un sens convenable, le diamètre de l'univers est fini. Il déduit ceci principalement de son Hypothèse à-priori que la masse totale de l'univers est finie, et, même de manière plus convaincante pour lui, de son Hypothèse à-priori que le moment angulaire total de l'univers est fini. Ces deux Hypothèses à-priori sont hautement respectables, et elles ont beaucoup d'adhérants parmi des physiciens et des cosmologues de pointe d'aujourd'hui; mais elles sont compatibles avec une étendue spatiale non-finie de l'univers, si la possibilité d'un vide absolu est admise. Aristote cependant était un thermodynamicien [71] et dans la thermodynamique il n'y a pas de vide absolu comme partie d'un système physique. Plus spécifiquement, dans le *De Caelo* on prend pour admis qu'il y a un corps (soma; σῶμα) partout, et, en nos termes, on suppose apparemment qu'il a une densité minimale positive; parce qu'Aristote raisonne que si le diamètre de l'univers était illimité, ainsi le serait sa masse totale, ce qu'il trouve impropre, et de plus, dû à la rotation diurne du globe, le moment total de rotation de l'univers serait infini, ce qu'Aristote trouve même davantage absurde [72].

Aristote est moins persuasif dans son raisonnement (*De Caelo*, Livre 1, ch. 8-9), qu'il n'y a qu'un seul « monde », ce qui veut dire dans notre réalité, un unique système solaire, ou, peut-être, seulement une galaxie. Ce qu'il tente réellement de démontrer c'est que le champ de force gravitationnel de l'univers ne peut pas avoir plus d'une singularité majeure. Maintenant, Aristote admet à la fois la « pesanteur » et la « légéreté », signifiant que sa constante gravitationnelle entre deux corps différents peut être positive ou négative, et il essaye de se persuader lui-même qu'il ne peut y avoir aucune agglutination gravitationnelle en davantage qu'une unité majeure. Mais une telle agglutination peut se produire dans nos modèles actuels de l'univers, sous la validité

du champ de forces newtonnien, et elle peut probablement se produire dans des champs de forces gravitationnelles plus compliqués aussi.

Une remarque intriguante sur les monde multiples apparaît dans la *Physica* d'Aristote, à l'intérieur de son essai sur le Temps. Aristote mentionne (218a 30-69), lorsqu'il énumère les prédécesseurs qui avaient débattu de la nature du temps, que, selon certains, le Temps est le mouvement de l'univers, et, selon d'autres, même la sphère céleste elle-même. Aristote fait à cela l'observation que sur de telles vues, si il y avait plus d'un monde, chacun doté de son standard de temps propre, il pourrait en résulter divers standards de temps, étant simultanément en effet. Dans cette conclusion Aristote avait presque raison. Il est vrai que dans la cosmologie contemporaine les divers standards de temps dans différentes galaxies peuvent être comparés les uns avec les autres par l'intercommunication de signaux lumineux, mais les retards de temps intervenant de millions d'années-lumière, les déplacement dans le rouge, et les courbures par gravitation gardent bien les divers standards de temps séparés les uns des autres, dans une mesure importante.

Le mandat rigide d'Aristote qu'il doit y avoir de la matière partout dans l'espace, était indubitablement pas bon pour le développement de la physique dans la longue ère entre l'Antiquité et la Fin de la Renaissance. Néanmoins, le noyau du mandat, à savoir le postulat qu'en physique il ne peut pas y avoir d'espace sans aucune donnée physique du tout, fut grandement justifiée au 20ème siècle par la reconnaissance que chaque morceau d'espace en physique est une certaine espèce de champ, soit un champ gravitationnel engendré par les masses comme dans la Relativité, soit un champ électrodynamique ou autre champ de de Broglie comme dans la théorie des Quanta, ou les deux à la fois. Toutefois, dans la physique actuelle le champ qui est dual aux particules peut s'étendre et devenir indéfiniment grand même si la totalité de corpuscules est finie et fixée; c'est-à-dire, en termes aristotéliciens, que la quantité totale de *soma* peut être finie, et cependant pas le diamètre de l'univers.

Nous allons terminer par une affirmation hardie. Nous osons affirmer que cette dualité entre matière et champ - qui est une opposition et une corrélation en un - fut préfigurée, particulièrement et singulièrement, cependant d'une façon nettement reconnaissable, il y a presque 2500 ans, dans l'Atomisme de Leucippe et Démocrite; et nous suggérons que c'est le pressentiment de cette dualité qui est l'accomplissement central de la Physique Théorique Grecque elle-même, et non précisément l'introduction d'une pluralité de constituants ultimes de la matière, à laquelle Empédocle et même Anaxagoras participèrent aussi. Aristote n'était pas un partisan de l'Atomisme, mais il était conscient de son originalité, et spécialement dans la *Metaphysica*, Livre 1, ch. 4, 985b 5, il déclare très nettement, presque de manière emphatique, que l'opposition des Atomistes entre le plein et le vide - lorsque transcrite en les termes de Parménide - devient une polarité entre l'Etre et le Non-Etre; et, ce qui fait un honneur singulier aux Atomistes, et à Aristote qui en rend compte, Aristote établit clairement que ce Non-Etre existe aussi, tout autant que l'Etre [73]. Diogène de Laërte avait certainement raison en disant que Démocrite avait été le Prince de la physique grecque spécifique [74].

Princeton, Princeton University, Department of Mathematics.

S. Bochner

(Traduit par B. Bizzini - Neuilly-sur-Seine)

NOTES

[1] Ceci est apparemment pris encore comme admis chez ALEXANDRE KOYRÉ (1892-1964), *From the closed world to the infinite universe*, première impression par la Johns Hopkins Press, 1957. Le compte-rendu sur Bruno se trouve dans le chapitre II, et à d'autres endroits (voir là l'index à Bruno).

[2] J. D. NORTH. - *The measure of the universe, a history of modern cosmology*, Clarendon Press, Oxford, 1963, chapitre 5, commençant à la page 70. C'est un ouvrage d'ensemble dans son genre. Un livre plus restreint est: HERMANN BONDI, *Cosmology*, Cambridge University Press, 2nd edition, 1960.

[3] North, (voir note 1), p. 72.

[4] NORTH, (voir note 2), 198-217, et *passim* (voir là l'index à cosmologie stationnaire).

[5] KOYRÉ, (voir note 1), chapitres V, VI, VII; voir aussi mon ouvrage à venir: S. BOCHNER, *Eclosion and Synthesis; the Outburst of Knowledge after the Enlightnement*, chapitres 12 et 14.

[6] NORTH, (note 2), p. 134; aussi pages 271, 374.

[7] BOCHNER, (note 5).

[8] ibid.

[9] JAMES A. COLEMAN. - *Modern Theories of the Universe*, Signet Science Library, 1963, p. 63; voir aussi d'autres passages.

[10] BOCHNER, (note 5).

[11] Pour une autre étymologie possible voir CHARLES H. KAHN, *Anaximander and the Origins of Greek Cosmology*, Columbia University Press, 1960, p. 231. Maintes de nos affirmations sur *apeiron* vont ressembler étroitement à celles faites dans l'ouvrage de Kahn, cependant elles seront différentes dans le dessein, et nous n'allons pas tenter d'élucubrer sur les différences sous-jacentes d'approche.

[12] Il y a plusieurs analogues *d'apeiron* qui sont étroitement apparentés à celui-ci dans le langage et la signification; ils n'apparaissent pas fréquemment et, pour nos buts spécialisés, nous ne les séparerons pas d'*apeiron* lui-même.

[13] Quand ils entendaient exprimer que quelque chose est infini plutôt qu'indéfini les Grecs avaient accoutumé d'employer une expression consistant en plus d'un mot, mais lorsqu'ils désiraient que quelque chose soit indéfini plutôt qu'infini, ils avaient la possibilité d'utiliser l'adjectif *aoriston* (ἀόριστον), par exemple.

[14] DIOGÈNE de LAËRTE. - *Lives of eminent philosophers*, Livre I, chapitre 13; édition Loeb, vol. I, pp. 14-15.

[15] THOMAS L. HEATH. - *The Thirteen Books of Euclid's Elements*, Vol. I, p. 202. Nous n'allons pas nous occuper du problème de savoir si *l'ep'apeiron* de l'axiome sur les parallèles doit être traduit par *indéfiniment*, comme il est fait en anglais, ou par *in infinitum*, comme il est fait en latin, français, italien, allemand, etc.

[16] L'antonyme *d'aoriston* (note 13) est *orismenon* (ὡρισμένον).

[17] ARISTOTE. - *Metaphysica*, 986a 24; voir aussi, par exemple, G. S. KIRK - J. E. RAVEN, *The Presocratic Philosophers*, Cambridge, 1957, p. 238. Le compte-rendu d'ensemble le plus récent sur la Philosophie Présocratique se trouve chez W. K. GUTHRIE, *A History of Greek Philosophy*, Cambridge University Press, vol. I, 1962, vol. II, 1965. Dans volume I, p. 245, Guthrie énumère les 10 paires d'opposés ainsi: limité-illimité, pair-impair, un-plusieurs, droite-gauche, mâle-femelle, au repos-en mouvement, droit-courbé, clair-sombre, bon-mauvais, carré-rectangulaire.

[18] Voir, par exemple, K. HACKFORTH, *Plato's examination of Pleasure* (*The Philebus*), Cambridge University Press, 1945, pp. 37-49.

[19] Le mot *sphaira*, dans la signification de *balle* (« jouer à la balle ») apparaît déjà dans l'Odyssée, Chant VII, vers 100.

[20] Fragment B8 (Diels-Kranz), vers 26 et 49.

[21] Ainsi chez Diels-Kranz, *Die Fragmente der Vorsokratiker*, et chez maints commentateurs.

[22] Ainsi chez KIRK et RAVEN, (note 17 ci-dessus), p. 276. Nous observons que dans le fragment B8 de Parménide, au vers 26, l'expression complète est *en peirasi desmon* (ἐν πείρασι δεσμῶν), dans les limites des chaînes.

[23] GUTHRIE (note 17), vol. II, p. 37, dit que chez « Parménide le mot *peiras* tombe, toujours à nouveau, dans nos oreilles avec la force d'un coup.

[24] Pour cela et la suite voir RODOLFO MONDOLFO, *L'infinito nel pensiero dell'Antichità Classica*, « La Nuova Italia », Firenze, 1956; spécialement «Parte Quarta». Voir aussi KAHN, (note 11). Mondolfo quotes a remark of Robert Rivaud that Chaos and Heavens are never called *apeiron*.

[25] MONDOLFO, (note précédente), p. 275-278.

[26] Nous rendons la traduction dans l'Edition Loeg de *The Odes of Pindar*, éditée par JOHN SANDYS, Heinemann, London, 1927, p. 591. Sur l'authenticité voir LOUIS RICHARD FARNELL, *The Works of Pindar, The Commentary*, Chicago University Press, 1932, p. 434. La traduction française par Aimé Puech, *Pindare*, vol. IV, Fragments (Collection Budé), 1923, p. 196, est la suivante: « De là sortent, en vomissant des ténèbres infinies (*apeiron*) les fleuves, au cours lent de la nuit obscure ».

[27] GUTHRIE, (note 17), Vol. I, p. 394. La traduction française chez PAUL TANNERY, *Pour l'histoire de la science hellène*, 2ème édition, Paris, 1930, p. 148, est la suivante: Nous voyons sous nos pieds cette limite de la Terre, en haut, du côté de l'éther, mais le bas s'en va à l'infini.

[28] Comme fait chez MONDOLFO (note 24), p. 275.

[29] Voir MARIO UNTERSTEINER. - *Senofane, Testimonianze e frammenti*, « La Nuova Italia », Firenze, 1956, p. CLIV-CLVII.

[30] S. BOCHNER. - *The Role of Mathematics in the Rise of Science*, Princeton University Press, 1960, p. 370.

[31] Comparer UNTERSTEINER (note 29), pp. 86-90 et d'autres passages. Voir aussi GUTHRIE, (note 17), Vol. I, p. 394, apostille 2.

[32] Dans *Metaphysica*, 995a 30, Aristote appelle une telle complication un « noeud » (δεσμός; *desmos*) dans le développement. Comparer KAHN, (note 11), p. 18, les deux dernières lignes.

[33] Voir KAHN, (note 11), p. 6.

[34] GUTHRIE, loc. cit., Vol. I, p. 29.

[35] KIRK et RAVEN, (note 17), p. 107.

[36] Par exemple, MARY B. HESSE, *Forces and Fields*, Nelson and Sons, London, 1961, 102-108.

[37] BOCHNER, (note 30), chapitre 4.

[38] La Géométrie, p. 368 (p.146 in *The Geometry of René Descartes*, translated by David Eugene Smith and Marcia L. Latham, Chicago, Open Court Publishing Co., 1925).

[39] Sir JOSEPH LARMOR (1857-1942), article « Aether » in *Encyclopedia Britannica*, 11th edition; également son ouvrage d'ensemble: *Aether and Matter; a development of the dynamical relations of the aether to material systems on the basis of the atomic constitution of matter, including a discussion of the influence of the earth's motion on optical phenomena, being an Adams prize essay in the University of Cambridge*, Cambridge University Press, 1900. Egalement, EDMUND WHITTAKER, *A history of the theories of Aether and Electricity*, Vol. I, et aussi Vol. II.

[40] BOCHNER, (note 5), chapitre 9.

[41] DIOGÈNE DE LAËRTE, Livre 2, chapitre 3, Anaximène, fragment A13, Diels-Kranz.

[42] Voir l'excellente apostille chez ANTONIO MADDALENA, *Ionici, Testimonianze e frammenti*, Firenze, 1963, p. 180.

[43] KIRK et RAVEN, p. 252; GUTHRIE, Vol. I, p. 277.

[44] En addition à NORTH et BONDI, (note 2), voir aussi G. J. WHITROW, *The Structure and Evolution of the Universe*, Hutchinson, London, 1950; G. GAMOV, *The Creation of the Universe*, Viking Press, New York, 1952; JAGJIT SINGH, *Great Ideas and Theories of Modern Cosmology*, Constable, London, 1961.

[45] Sur la signification de *ouranos* et *cosmos* voir l'article clarifiant de F. M. CORNFORD, Innumerable worlds in Presocratic philosophers, *The Classical Quarterly*, vol. 28, 1934, 1-16.

[46] KIRK et RAVEN, p. 326-7; GUTHRIE, Vol. II, 167-183.

[47] E. ZELLER, *Die Philosophie der Griechen*, 5th edition, 1923 (reprinted 1963), Partie III, 152-160; il y a une traduction anglaise d'une édition antérieure par O. J. REICHLER, sous le titre: *The Stoics, Epicureans, and Sceptics*, Londres 1880, p. 165-169.

[48] Sur Héraclite il y a une étude très exhaustive chez E. ZELLER - R. MONDOLFO, *La filosofia dei Greci*, Parte prima, Vol. IV (Eraclito), Firenze, 1961; voir spécialement p. 218-269.

[49] Dans mon jugement personnel, Héraclite fut un aphoriste, et non pas un philosophe systématique, à plus forte raison un scientifique, et il n'eut pas réellement un système cosmologique. Voir BOCHNER (note 30), p. 332-335.

[50] GUTHRIE, Vol. I, p. 282.

[51] NORTH, (note 2), p. 132-33.

[52] *Physica*, Livre 8, chapitre 1, 25b 18-21; notre traduction est adaptée des traductions de Oxford et Loeb.

[53] Pour une critique à propos des derniers compte-rendus sur cette hypothèse, voir CORNFORD, (note 45).

[54] KIRK et RAVEN, 409-414; GUTHRIE, Vol. II, 404-413.

[55] Pour un compte-rendu complet de différentes opinions relatives à Anaximandre, voir GUTHRIE, Vol. I, 106-114.

[56] Pour les références à de telles mentions voir KATHLEEN FREEMAN, *The Presocratic Philosophers*, 3rd edition, Oxford 1953, 302-3; virtuellement tous les passages cités ici sont traduits chez MILTON C. NAHM, *Selections from early Greek Philosophy*, 3rd edition, New York, p. 100 et pages suivantes.

[57] Dans la cosmologie actuelle il y a aussi des tourbillons d'origine inexplicable. Voir *The Structure and Evolution of Galaxies*, Solvay Institute, 13th Physics Conference, 1965, Interscience Publishers, p. 20.

[58] *Pas Incomplet* est la traduction de οὐκ ἀτελεύτητον; (ouk ateleuteton); « en besoin » = incomplet. Nos traductions sont de LEONARDO TARAN, *Parmenides*, Princeton University Press, 1965, p. 86.

[59] R. BONOLA, *La geometria non-euclidea; esposizione storico-critica del suo sviluppo*, Bologna, 1906.

[60] GUTHRIE, Vol. 2, p. 38.

[61] Physica 207a 9-11. Dans celui-ci et plusieurs extraits suivants nous citons de RICHARD HOPE, *Aristotle's Physics*, University of Nebraska Press, Lincoln, 1961, p. 54-55.

[62] Les commentateurs actuels ne trouvent pas aisé d'identifier ces caractères de l'infini. Voir KIRK et RAVEN, 299-302; GUTHRIE, Vol. 2, 206-209.

[63] Livre I, 969-974. Nous citons de CYRIL BAILEY, *On the nature of things*, Oxford, Clarendon Press, p. 59.

[64] Sur Anaxagoras voir DANIEL E. GERSHENSON and DANIEL A. GREENBERG, *Anaxagoras and the Birth of Physics*, Blaisdell, New York, 1964.

[65] Sur l'aspect granulaire de la matière chez Aristote, voir ANDREW G. van MELSEN, *From Atomos to Atom*, Harper Torchbook, 1960, 38-41.

[66] W. D. Ross, *Aristotle, a complete exposition of his works and thought*, Meridian Books, 1959, p. 101-2.

[67] MONDOLFO, (note 24 ci-dessus), 309-326, aussi 383-389.

[68] BOCHNER, (note 37).

[69] Voir la traduction anglaise par RICHARD J. BLACKWELL, RICHARD J. SPATH and W. EDMUND THIRLKEL, Yale University Press, 1963, 114 et suiv.

[70] Pour de semblables brèves phrases latines sur les opinions des quatre autres commentateurs voir HOPE, (note 61), p. 86, apostille.

[71] BOCHNER, (note 30), p. 158-9.

[72] Descartes ne tolérait pas non plus un vide, mais il diffusait sa « matière subtile » partout sur son *extension*; cependant il n'était qu'à moitié un aristotélicien et ainsi, comme nous l'avons déjà établi dans la section III ci-dessus, il soutenait seulement que la dimension de l'univers est indéfinie, et non qu'elle est finie. Au 19ème siècle, l'univers était empli d'éther électromagnétique qui était un descendant de la « matière subtile »; mais la distance intellectuelle d'Aristote était telle qu'il n'y eut apparemment aucun doute sur la dimension de l'univers à cause de cela.

[73] KIRK et RAVEN, 404-5.

[74] BOCHNER, (note 30), 319-20.

Copyright by
Rivista "SCIENTIA" Editrice
Sede legale - Milano, Via Donizetti 55
Registrata presso la Cancelleria del Tribunale di Milano col N. 1276
NORA BONETTI - *Direttore Responsabile*

ODAG - OFFICINA D'ARTI GRAFICHE - MILANO

BANCA POPOLARE DI MILANO

Fondata nel 1865

•

TUTTE LE OPERAZIONI DI BANCA

CASSA DI RISPARMIO
DELLE PROVINCIE LOMBARDE

FONDATA NEL 1823

DIREZIONE IN MILANO
359 DIPENDENZE

TUTTE LE OPERAZIONI DI BANCA

CASSA DI RISPARMIO
di VERONA VICENZA e BELLUNO

118 Dipendenze in Provincia di
Verona, Vicenza, Belluno e Mantova

275 miliardi di attività amministrate

ISTITUTO BANCARIO SAN PAOLO DI TORINO
FONDATO NEL 1563

•

Tutte le operazioni di
banca, borsa, cambio

olivetti

Macchine per scrivere - Addizionatrici
Calcolatori scriventi - Macchine contabili
Macchine per contabilità e statistica
Telescriventi - Schedari e classificatori
Mobili metallici - Macchine utensili di precisione

IMI

ISTITUTO MOBILIARE ITALIANO
VIA DELLE QUATTRO FONTANE 121 - ROMA

Istituto di credito industriale a medio e lungo termine

Capitale statutario e riserve	L. 213 miliardi
Operazioni in essere al 31.3.1968	L. 2.334 miliardi
Obbligazioni in circolazione al 31.3.1968	L. 1.757 miliardi
Provvista in valuta estera al 31.3.1968	L. 129 miliardi

"ERIDANIA„ ZUCCHERIFICI NAZIONALI
SOCIETÀ PER AZIONI - CAPITALE SOCIALE LIT. 30.000.000.000 INT. VERSATO

SEDE IN GENOVA
CORSO A. PODESTÀ 2

Principali produzioni: zucchero, alcool, melasso, lievito per panificazione, lievito zootecnico, estratto di lievito, polpe secche comuni e melassate, polpe secche parzialmente esauste, mangimi, decalcinanti per pelli, semi di bietola zuccherina.

Ferdinando Zoppas S.p.A.
31015 CONEGLIANO VENETO (Treviso)

Divisione Elettrodomestici
Divisione Grandi Impianti
Divisione Idrosanitari

BIRRERIA RISTORANTE
PEDAVENA

a Km. 3 da Feltre, alle porte delle Dolomiti

Saloni per ricevimenti e congressi - Parco - Zoo
Campi da tennis e bocce - Cucina internazionale

TEL. 22.46 FELTRE

SUPPLÉMENT

Traductions Françaises

des articles dont le texte original n'est pas en langue française.
(Chaque traduction a été revisée par l'Auteur).

LA PHYSIQUE QUANTIQUE ET LE MACROCOSME

En dépit de la puissance bien connue de la théorie quantique lorsqu'il s'agit d'interpréter des données de microphysique que les méthodes classiques ne permettent pas de saisir, il existe, même parmi les théoriciens quantiques, une répugnance visible à renoncer au lit de Procuste que sont les constructions de la physique classique. Pour éviter de le faire, on invoque une épistémologie bivalente, qui affirme que les conceptions classiques sont adaptées de manière absolue à l'interprétation des expériences macroscopiques et l'on ne tolère les conceptions quantiques qu'à l'endroit qui leur a été assigné: le domaine microscopique. Néanmoins l'histoire de la science aussi bien que les prédictions macrophysiques, jusqu'ici non vérifiées, de la mécanique quantique, nous amènent à penser que la conservation obstinée du « sens commun » classique ne peut pas raisonnablement se perpétrer indéfiniment dans le domaine de l'étude, ni même peut-être dans celui de la vie courante.

1. - Microphysique et Macrophysique. — Même les chercheurs les plus révolutionnaires font preuve fréquemment d'une certaine dose de conservatisme lorsqu'il s'agit de pousser jusqu'aux ultimes conséquences philosophiques leurs conceptions intellectuelles radicalement nouvelles. En effet, le révolutionnaire lui-même doit, par définition, avoir été éduqué dans l'éthique même contre laquelle il se révolte, et ceci peut l'amener à défendre certaines doctrines établies, même s'il est en train d'en renverser les fondations par les doctrines nouvelles qu'il élabore.

Prenons le cas de Copernic, précurseur de Képler, de Galilée et de Newton, dont l'oeuvre a connu son apogée lors du déclin et de la chute de la science aristotélicienne et des philosophies qui s'y rattachaient. La physique aristotélicienne divisait les phénomènes selon les deux catégories de terrestres et célestes. Pour les corps terrestres, on considérait que le mouvement linéaire était le mouvement naturel, mais pour les corps célestes, c'est le mouvement circulaire qui leur était affecté par voie dogmatique. Dans « *De Revolutionibus* » [1] Copernic, suivant en cela Aristote, affirme que:

> «. . . le mouvement des corps célestes est circulaire. La rotation est naturelle à une sphère et sa forme se trouve exprimée par cette action même. »

Ensuite, il passe en revue les mouvements complexes des planètes, dont le manque d'uniformité semblerait plaider contre la nécessité du mouvement circulaire parfait dans le ciel. Mais, ayant exposé les données mêmes qui l'ont amené à militer en faveur de l'astronomie héliocentrique Copernic émet l'affirmation suivante, d'un conservatisme remarquable:

> « En dépit de leurs irrégularités, nous devons néanmoins conclure que les mouvements de ces corps sont soit circulaires, soit composés de cercles ».

A notre époque, la faillite évidente de la physique classique pour ce qui concerne l'explication des phénomènes atomiques a amené ce que l'on pourrait appeler un stade copernicien du développement de la révolution quantique. Au niveau microscopique, on a renoncé, en fait, à la manière classique d'abor-

der le problème physique. On postule généralement, de plus, que la physique quantique s'applique, en principe, à tous les phénomènes physiques, petits ou grands. Mais l'intuition ou le « sens commun » avec lequel de nombreux physiciens, même modernes, abordent les phénomènes macroscopiques possède de profondes racines dans les conceptions de la physique classique, que l'expérience a réfutées. Tout se passe comme s'il existait deux sortes de physiques: la macrophysique et la microphysique, la première largement basée sur l'expérience quotidienne, la seconde nécessaire au niveau atomique, mais pouvant être ignorée sans inconvénient dans les autres cas. On utilise même le terme de microphysique comme synonyme de théorie quantique.

Cette situation n'est sans rappeler celle de la dichotomie médiévale entre phénomènes terrestres et célestes. On constate que certains énoncés formulés par les pionniers de la théorie des quanta offrent une ressemblance frappante avec les arguments verbaux de Copernic en faveur du mouvement circulaire. Bohr, par exemple [2], insiste sur la nécessité de maintenir le point de vue classique pour les expériences macroscopiques:

> « .... de si loin qu'un phénomène puisse dépasser le cadre de l'explication par la physique classique, il n'en demeure pas moins que ses résultats doivent finalement être énoncés en termes classiques. »

De même, Heisenberg [3], lorsqu'il explique l'interprétation dite de Copenhague pour la physique quantique assure à la physique classique une position sacro-sainte dans la méthodologie scientifique:

> « Toute expérience de physique, qu'elle se rapporte aux phénomènes de la vie courante ou à des phénomènes atomiques, doit être décrite en termes de physique classique.... l'application de ces concepts (classiques) est limitée par les relations d'incertitude. Nous devons nous souvenir des limites d'application de ces concepts classiques lorsque nous nous en servons, mais nous ne pouvons ni ne devons chercher à les améliorer. »

Mon opinion est que l'interprétation de Copenhague donnée à la théorie quantique, dont les citations qui précèdent ont fait ressortir le caractère crucial, ne constitue pas le dernier mot mais qu'elle a, au contraire, les mêmes relations avec la révolution quantique qui est en train de se produire qu'avait, au XVIème siècle, l'oeuvre de Copernic par rapport à la grande révolution scientifique du XVIIème siècle. La division de l'intuition physique en éléments macroscopiques et microscopiques, telle qu'elle ressort de l'interprétation de Copenhague, est analogue à l'ancienne dichotomie entre terrestre et céleste. Elle tente de codifier un mélange paradoxal de conceptions mutuellement incompatibles, dans le but de permettre à la « *Weltansicht* » newtonienne de survivre, bien qu'elle ne soit plus appropriée. L'histoire semblerait donc nous conduire à considérer que l'insistance orthodoxe avec laquelle on persévère à employer les constructions de type classique au niveau macroscopique ne sont que le signe temporaire de la naissance d'une ère de « pensée quantique » qui se fait jour, et dans laquelle les conceptions quantiques seront normalement considérées comme fournissant une description normale et « conforme au sens commun » de tous les phénomènes physiques, grands ou petits.

2. - Le processus de préparation et de mesure. — On interprète fréquemment les théories de la physique classique comme étant la description

d'une réalité physique extérieure aux observateurs humains, comme fournissant l'image de la « *Ding an Sich* » qui est la cause de l'expérience, mais que celle-ci ne peut atteindre. Il existe toutefois une autre interprétation, moins radicale et plus pragmatique, de la méthode scientifique, c'est celle qui consiste à dire que la physique a pour but d'apporter un ordre à certains aspects de l'expérience humaine sans, pour cela, affirmer ou nier l'existence d'un univers étranger à cette expérience. C'est ce point de vue orienté vers l'expérience [4] qui est à la base de la philosophie sous-jacente aux théories quantiques.

La physique classique et la physique quantique visent l'une et l'autre à construire ce que l'on nomme des systèmes physiques, qui sont les constituants de base des modèles théoriques selon lesquels on peut cataloguer l'expérience. On a construit et pris pour base des systèmes de différents degrés d'abstraction. Certains d'entre eux, comme les tables et les chaises ne sont que les représentations conceptualisées de *Gestalten*; d'autres, comme les électrons et le champ électromagnétique sont très éloignés de l'expérience directe. On considère néanmoins que la totalité des phénomènes physiques comportent, dans un certain sens, des observables.

Margenau a effectué, dans sa théorie de la latence des observables [5], une analyse philosophique qui met élégamment en lumière la différence essentielle qui existe entre les modèles fondamentaux utilisés par la physique classique et par la physique quantique. Cette théorie classe les relations qui existent entre les systèmes et leurs observables sous deux rubriques: celle de la possession et celle de la latence. La possession des observables est la caractéristique de la physique classique, dans laquelle les observables sont considérés comme des étiquettes attachées au système, c'est-à-dire comme des propriétés du système. Dans cet ordre d'idées, il n'apparaît pas déraisonnable de considérer les systèmes, avec leurs observables, comme étant des modèles visualisables d'une réalité ontologique qui dépasse l'expérience.

La relation de latence, caractéristique de la physique quantique est plus subtile que celle de possession. Les données concrètes de la physique sont des nombres qui sont obtenus comme résultats d'expériences au cours desquelles des actions dites de mesure sont effectuées sur les systèmes physiques. Tout observable associé à un système comporte, en principe, la définition d'une méthode opératoire permettant la mesure de cet observable. Lorsque l'on effectue la mesure d'un observable donné, il en résulte une valeur numérique que l'on enregistre comme étant la valeur de cet observable à l'instant initial de l'opération de mesure. La différence entre latence et possession réside dans l'interprétation théorique que l'on donne à ces resultats numériques. Si l'on suppose que la relation entre le système et l'observable est celle de possession, on considère le résultat de la mesure comme la révélation de la valeur qu'avait le dit observable juste avant la mesure.

Si l'on suppose que la relation entre le système et l'observable est celle de latence, on en donne pas cette interprétation transcendante au résultat de la mesure: le système n'est pas considéré comme un objet ayant des paramètres numériques définis avant ou après la mesure. Le résultat de la mesure est considéré, au contraire, d'une manière aussi restreinte que possible, comme indiquant comment le système a été préparé, quels observables ont été mesurés et quels ont été les résultats numériques obtenus. De même, une prédiction théorique de résultats expérimentaux ne pourra s'énoncer que sous la forme suivante: « si le système S est préparé de la manière II et que l'on effectue la

mesure de l'observable A de S, le résultat numérique a sera obtenu avec une probabilité $W(a, \Pi)$ ».

Je nommerais cette manière minimale de rendre compte des phénomènes naturels un « *processus de préparation et de mesure* » appliqué aux phénomènes physiques, pour bien la distinguer de l'idée classique consistant à décrire l'évolution continue d'un monde extérieur avec une précision toute cartésienne. Du point de vue épistémologique, le point de vue de la latence est complètement suffisant pour permettre de confronter scientifiquement les données expérimentales avec les conceptions abstraites, mais il ne permet pas d'identifier les données numériques de la science avec des propriétés que les systèmes posséderaient a priori. On considère, au contraire, que les valeurs numériques des observables ne se produisent que lorsque les systèmes sont conditionnés par une action de mesure.

L'étude subséquente des importantes notions de préparation et de mesure doit particulièrement noter qu'elles ne sont pas équivalentes. Le terme de préparation désigne une action physique reproductible, qui s'exerce sur le système considéré, tandis que celui de mesure se rapporte à un processus physique effectué sur le système préparé, et dont le résultat est une valeur numérique. Pour obtenir les informations statistiques dont on pourra déduire les probabilités qui font l'objet de la physique quantique, il est nécessaire de préparer à nouveau, de façon identique, le système considéré (ou un autre de la même espèce) un grand nombre de fois et d'effectuer une nouvelle mesure après chaque nouvelle préparation. La probabilité $W(a ; \Pi)$ associée au résultat a de la mesure d'un observable A pour un système préparé de la manière Π se définit, en fait, comme la fréquence relative avec laquelle a se produit dans un *ensemble* de systèmes préparés de manière identique.

Contrairement au point de vue classique, le processus de préparation et de mesure implique que l'acte de mesure comporte une certaine finalité. La perturbation provoquée par une mesure effectuée sur un système physique peut aller d'une influence négligeable (macrosystèmes) à une catastrophe (microsystèmes). Il peut même arriver que le système soit annihilé par la mesure. Il s'ensuit que la physique quantique ne peut comporter aucune proposition universelle relative à l'état des systèmes physiques après la mesure.

Cette restriction n'empêche pas, néanmoins, que l'on puisse, par exemple, effectuer deux mesures successives dans le cadre du processus de préparation et de mesure. Dans ce cas, nous devrions analyser la perturbation apportée par l'appareillage utilisé pour la première mesure, et considérer cette interaction plus la préparation initiale comme constituant la préparation de la seconde mesure. Avec ces informations, la théorie quantique pourra être utilisée pour attribuer des probabilités aux résultats de la première et de la seconde mesure mais, sans autre information, cette théorie ne pourra rien nous apprendre en ce qui concerne le comportement du système postérieurement à la seconde mesure.

3. - Les états quantiques. — La physique classique, qui cherchait à construire des modèles visualisables des système physiques, s'est, pour cette raison, attachée au concept d'*état*, représentation mathématique de la condition physique d'un système. Dans le cadre classique, un état se caractérise simplement par l'énumération des valeurs des propriétés que le système pos-

sède. Une mesure effectuée sur un système détermine donc tout ou partie de ce qui constitue la spécification de l'état de ce système à l'instant de la mesure.

En physique quantique, en raison de la nécessité de considérer les phénomènes physiques à travers le processus de préparation et de mesure, le concept d'état ne s'impose pas de manière aussi directe: il n'existe, en effet, aucune preuve de la possibilité d'extraire de l'algorithme quantique ou de lui affecter de manière cohérente une spécification d'état, au sens pleinement classique du terme. Dans le processus de préparation et de mesure, les données organisées qui servent de base à la théorie sont essentiellement statistiques: l'importance théorique s'attache davantage à l'ensemble des systèmes préparés de façon reproductible qu'à un seul de ces systèmes. C'est essentiellement la structure axiomatique de la théorie qui indique s'il est possible ou non de reporter l'attention sur un système unique par l'intermédiaire du concept d'état individuel.

Nous avons étudié ailleurs [6] cette question, fortement mathématique, et nous en avons tiré les conclusions suivantes. Même si l'on impose, à l'origine, à la physique classique le cadre du processus de préparation et de mesure, il demeure possible, par l'analyse des répartitions de probabilité $W(a; II)$, d'obtenir sans ambigüité des représentations normales de type classique qui peuvent être interprétées comme des propriétés possédées par le système. D'autre part, l'application d'une analyse similaire à des répartitions quantiques de probabilité engendre des ambigüités qui interdisent, finalement, de reporter l'attention d'un ensemble vers un système unique. La théorie des quanta ne peut pas approcher les états individuels plus près que l'expression de l'ensemble des répartitions de probabilité $W(a; II)$ qui caractérise l'ensemble auquel appartient un système.

Pour illustrer cette conclusion apparemment étrange, sans mettre en oeuvre d'abstractions mathématiques, l'exemple suivant qui a le caractère d'une métaphore sera, peut-être, utile. Considérons un système physique hypothétique auquel il n'est associé que deux observables: la forme et la couleur. Supposons, de plus, que la mesure de la forme ne puisse fournir que les résultats: « triangulaire » (T) ou « rond » (R) et que la mesure de la couleur ne puisse donner que: « bleu » (b) ou « vert » (v). Supposons que le système puisse être préparé pour la mesure de nombreuses manières reproductibles et, pour bien faire saisir la finalité de l'action de mesure, imaginons qu'après la mesure, soit de sa forme soit de sa couleur, ce système se détruise.

Si un tel système est gouverné par la physique classique, on suppose que l'énoncé suivant est valable: chaque système de ce type est dans l'un des états: Tb, Tv, Rb, ou Rv; la mesure ne fait que révéler cet état ou, à tout le moins (dans le cas où l'on ne mesure que l'un des observables), elle en restreint les possibilités. Pour justifier une telle affirmation classique, il faudrait: (1) démontrer l'existence de processus de préparation reproductibles pour chacun de ces états (c'est-à-dire l'existence d'un procédé qui, par répétition engendrerait un ensemble pour lequel $W(T; II) = W(g; II) = 1$, par exemple) et: (2) prouver que, pour des processus de préparation produisant des ensembles caractérisés par des probabilités non nulles et inférieures à l'unité, l'énoncé en question ne mène à aucune contradiction logique. En physique classique, il est possible de satisfaire à la fois aux deux conditions (1) et (2).

D'autre part, si le système considéré est gouverné par la physique quantique, on ne peut, en général satisfaire à aucune des conditions (1) et (2). Pour les

besoins de notre exemple supposons (ce qui est peut-être contraire à la réalité) que les observables « forme » et « couleur » soient ce que les théoriciens appellent des observables non commutables. La situation sera alors la suivante: aucune procédure physique reproductible n'existera qui puisse être utilisée pour produire un ensemble du modèle décrit en (1), dans lequel chaque observable donnerait, par la mesure, toujours le même de ses deux résultats possibles. Il serait possible, au contraire, que, lorsqu'un ensemble quelconque est préparé de manière à ce que les mesures de la couleur donnent invariablement « v», les mesures de forme donnent alors « T » ou « R » avec des fréquences égales. De même, si un ensemble est préparé de sorte que « T » soit le résultat certain de la mesure de forme, les mesures de couleur peuvent alors donner « b » ou « v » avec la même fréquence, etc. Il serait donc dépourvu de sens de considérer un tel système comme possédant « réellement » comme attributs la couleur et la forme. Ceci illustre la caractéristique générale des systèmes quantiques, qui se trouve au centre même du principe d'incertitude de Heisenberg, et qui est l'inexistence d'ensembles qui n'aient pas de dispersion sur tous leurs observables: cette considération constitue l'origine théorique du point de vue de la latence.

Les ensembles qui ont été décrits au paragraphe précédent étaient, d'un certain point de vue, homogènes, bien qu'ils présentassent une dispersion statistique des résultats de mesure: ils étaient, en effet, produits par des procédés de préparation qu'il n'était pas possible de perfectionner davantage. Leurs probabilités résiduelles n'étaient donc pas réductibles. En particulier, de tels ensembles ne peuvent pas, même en principe, être subdivisés en sous-ensembles dont les mesures fassent apparaître des propriétés statistiques différant en quoi que ce soit de l'ensemble d'origine. De tels ensembles s'appellent, en physique quantique, des ensembles *purs*.

En raison de cette homogénéité, il semble que l'ensemble pur soit un concept de base raisonnable pour une théorie des états quantiques et le jargon de la physique quantique, qui prête souvent à confusion, laisse entendre que cela est possible. Par exemple, si la « condition » de l'ensemble pur défini ci-dessus, pour lequel les mesures donneraient « v » avec certitude et « T » ou « R » avec probabilités $\frac{1}{2}$ est représentée symboliquement par: $(v;\ \frac{1}{2}T;\ \frac{1}{2}R)$, il est tentant de décrire cet ensemble pur comme composé de systèmes qui sont *chacun* dans l'« état »: $(v;\ \frac{1}{2}T;\ \frac{1}{2}R)$. Or, selon le formalisme de la mécanique quantique, tout ensemble pur est caractérisé par ce que l'on appelle une fonction d'onde, $\psi(x)$, dont on peut, par des règles bien connues, déduire les distributions de probabilité $W(a;\Pi(\psi))$ associées à tous les observables[1]. Il semblerait bien ainsi que la physique quantique puisse, jusqu'à un certain point, retrouver la notion d'état par l'énoncé suivant: tout système, quelle que soit la manière dont il a été préparé se trouve réellement dans un état quantique représenté par une fonction d'onde. (Dans l'exemple qui précède, cette fonction d'onde est: $(v;\ \frac{1}{2}T;\ \frac{1}{2}R)$.

[1] Pour le lecteur qui n'est pas familier avec les éléments de la mécanique ondulatoire, nous rappelerons uniquement les propriétés suivantes des fonctions d'onde qui seront utiles dans la suite:

(a) $|\psi(x_0)|^2$ est la densité de probabilité $w(x_0)$ de trouver au point $x = x_0$ un système de l'ensemble pur représenté par $\psi(x)$.

(b) Si $\Phi_k(x)$, $k = 1,2,\ldots$ représente un ensemble pur pour lequel un certain observable A fournit invariablement le résultat a_k par la mesure, l'ensemble des fonctions $\Phi_k(x)$ est orthonormal. Toute superposition: $\psi(x) = \Sigma c_k \Phi_k$ sera également un ensemble pur et la probabilité, dans cet ensemble, pour que le résultat de la mesure de A soit a_k est $|c_k|^2$.

Il apparaît néanmoins que cette identification de concept d'état en théorie quantique est erronée si on la prend à la lettre. Pour voir pourquoi, considérons à nouveau le systême quantique fictif dont les observables seraient la couleur et la forme. Supposons qu'un procédé II de prépartion conduise à un ensemble dans lequel les résultats de mesure se présentent avec les probabilités (fréquences) relatives suivantes:

$$W(b; II) = W(v; II) = W(T; II) = W(R; II) = \tfrac{1}{2}.$$

Un tel ensemble n'est pas pur: on peut le décomposer en deux sous-ensembles purs comme suit. Considérons un ensemble global formé par la réunion en parties égales des ensembles purs caractérisés par: $(v; \tfrac{1}{2}T; \tfrac{1}{2}R)$ et: $(b; \tfrac{1}{2}T, \tfrac{1}{2}R)$. On voit aisément que les probabilités des résultats de mesure pour cet ensemble total sont identiques à celles que nous avons indiquées ci-dessus. Un tel ensemble est donc appelé un mélange de: $(v; \tfrac{1}{2}T; \tfrac{1}{2}R)$ et de: $(b; \tfrac{1}{2}T; \tfrac{1}{2}R)$ avec les poids respectifs $\tfrac{1}{2}$ chacun. Si nous appliquons le concept d'état (quantique) proposé, nous pouvons aller plus loin et dire que cet ensemble mixte se compose en réalité de systèmes dont la moitié se trouvent *chacun* dans l'état $(v; \tfrac{1}{2}T; \tfrac{1}{2}R)$ et l'autre moitié se trouvent *chacun* dans l'état $(b; \tfrac{1}{2}T; \tfrac{1}{2}R)$.

Il n'est pas difficile de voir que cette interprétation conduit à une contradiction, car ce même ensemble pourrait également être considéré comme le mélange, avec des poids respectifs $\tfrac{1}{2}$ des ensembles purs: $(T; \tfrac{1}{2}v; \tfrac{1}{2}b)$ et $(R; \tfrac{1}{2}v; \tfrac{1}{2}b)$. Si l'on considère que l'attribution d'états individuels est un procédé valable, on doit maintenant affirmer que l'ensemble mixte d'origine se compose, en réalité, de systèmes dont la moitié sont *chacun* dans l'état: $(R; \tfrac{1}{2}v; \tfrac{1}{2}b)$ et l'autre moitié *chacun* dans l'état $(T; \tfrac{1}{2}v; \tfrac{1}{2}b)$, conclusion qui est en contradiction avec celle du paragraphe précédent. Cette contradiction qui naît de la tentative de munir la théorie quantique d'un concept d'état analogue à celui de la physique classique est la base du fameux paradoxe d'Einstein-Podolski-Rosen.

Cette contradiction disparaît si l'on renonce à l'interprétation littérale illégitime des fonctions d'onde comme étant des états d'un système isolé. Pour résumer, la physique quantique est une science totalement stochastique: le point essentiel dans l'attaque des problèmes physiques est le processus de préparation et de mesure sous sa forme la plus élémentaire, qui ne comporte aucune condition intrinsèque relative à l'état d'un système physique.

4. - Le macrocosme quantique. — Le résumé qui précède, des fondations de la théorie quantique, nous permettra, peut-être, d'aborder avec un point de vue neuf le problème consistant à cataloguer les expériences macroscopiques. Considérons, d'abord, un corps pesant ordinaire dont le mouvement peut vraisemblablement être observé et décrit en utilisant les conceptions de la mécanique rationnelle classique. Conformément au « sens commun », le physicien classique attribuera à ce corps des *propriétés* telles que la position (de son centre de gravité) le moment cinétique, etc. et il entreprendra de décrire cet ensemble d'expériences connu sous le nom de mouvement du corps, en indiquant l'évolution au cours du temps des valeurs de ces paramètres. Le théoricien quantique, au contraire, s'il tente de traiter les mêmes don-

nées sensorielles dans le cadre de sa discipline, se voit interdire par le principe d'incertitude de Heisenberg, ci-dessus rappelé, de suivre la même voie que celle de la mécanique analytique: en effet, même les ensembles les plus homogènes qu'il soit possible de concevoir en mécanique quantique présentent des variations statistiques irréductibles des résultats de mesure de la position du moment cinétique etc.. Cette circonstance oblige à formuler dans le cadre de la mécanique quantique une approximation raisonnable qui rende compte des « propriétés » apparentes qu'un réalisme naif faisait précédemment attribuer au corps macroscopique.

Bien que le problème général de l'application de la mécanique quantique aux phénomènes de l'existence courante n'ait jamais reçu toute l'attention qu'il mérite de la part des physiciens, il existe un accord général, parmi eux, quant à la manière dont on approche la limite classique par la mécanique quantique. La pierre angulaire de cette approximation réside dans la reconnaissance du fait que, d'un point de vue quantique, toute mesure classique effectuée sur un corps classique est, en fait, très éloignée de la réalisation l'action parfaite de mesure, qui constitue la construction de base de la physique quantique. Par exemple, la marge d'erreur due à l'instrument de mesure peut, dans une mesure classique, être aussi grande que la totalité de la dispersion des résultats que prédirait la théorie quantique. Il est donc raisonnable d'identifier la valeur numérique des propriétés classiques avec la valeur moyenne des distributions des mesures quantiques. Lorsque l'on effectue cette identification, indiquée depuis longtemps par le théorème d'Ehrenfest, la mécanique quantique acquiert une limite classique qui semble permettre de rendre compte des données de la mécanique de l'ère classique. De même, on écrit fréquemment en électrodynamique quantique, lorsque c'est nécessaire, des relations entre valeurs moyennes, qui ont la même structure mathématique que les équations classiques de l'électrodynamique de Maxwell.

Il est important de noter que l'identification numérique entre les moyennes quantiques prises sur des systèmes macroscopiques et les propriétés classiques que possèdent ces systèmes implique: (a) d'admettre tacitement le fait, qui ne surprendra pas, que toutes les mesures classiques comportent une part d'erreur, et: (b) de considérer implicitement qu'il existe une prédiction détaillée des distributions physiques, dont les observations classiques ne fournissent que les moyennes statistiques. Dans la suite du présent article, nous nous proposons de critiquer les différentes attitudes philosophiques qui ont été adoptées vis à vis de la question (b). Historiquement, la prédiction des distributions en question a été généralement ignorée étant donné l'impossibilité pratique de mettre en évidence de tels effets quantiques au cours d'une expérience macroscopique. De plus, sauf une exception, on n'a fait que peu d'efforts sur le plan théorique pour appliquer la physique quantique au domaine macroscopique: l'exception en question est ce que l'on appelle généralement la théorie quantique de la mesure, domaine où l'on essaie de concilier la cohérence propre de l'algorithme quantique avec les règles épistémologiques qui le relient à la nature. Par son but même, la théorie de la mesure, qui est le problème central qui se pose lorsque l'on veut décrire une mesure physique en termes quantiques, est obligée d'appliquer les idées quantiques au niveau macroscopique, puisque toute mesure physique, même effectuée sur un microsystème, implique qu'il existe un couplage avec un macrosystème directement perceptible.

C'est Schrödinger [7] qui a, le premier, décrit les particularités quantiques qui se présentent dans le problème de l'interaction entre un microsystème et un macrosystème: il a illustré cela par le fameux « paradoxe du chat » et, dans les années qui ont suivi, le thème essentiel de ce « paradoxe » a fait l'objet de nombreux commentaires relatifs aux mesures quantiques, parmi lesquels Rosen [8] en a donné une autre version métaphorique, dans laquelle le chat est remplacé par une locomotive pour jouer le rôle de macrosystème.

Pour illustrer ce problème fondamental de la mécanique quantique macroscopique sans nous entourer d'abstractions mathématiques, il nous suffira de considérer un oscillateur atomique harmonique et un corps macroscopique ordinaire. Supposons que l'oscillateur se trouve préparé dans son premier « état » excité d'énergie et que le corps macroscopique soit au repos. Il peut arriver que l'oscillateur retourne, par une transition, à son « état » de base. Supposons que, dans ce cas, le photon émis déclenche un mécanisme qui donne au corps macroscopique un « moment cinétique classique » de valeur b: ceci veut dire que la paquet d'ondes quantiques caractérisant cet état de mouvement du corps macroscopique doit fournir la prédiction du nombre b comme valeur moyenne de mesures idéales du moment cinétique.

Pour décrire ce processus, il est nécessaire d'employer les fonctions d'onde (normées) suivantes:

(a) Oscillateur harmonique de masse m, de fréquence ω

$$\alpha_1(x) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{m\omega}{\pi \hbar}\right)^{1/4} 2x \sqrt{\frac{m\omega}{\hbar}}\, e\left[-\frac{m\omega x^2}{2\hbar}\right] \qquad \text{(premier « état » d'énergie excité)}$$

$$\alpha_2(x) = \left(\frac{m\omega}{\pi \hbar}\right)^{1/4} e\left[-\frac{m\omega x^2}{2\hbar}\right] \qquad \text{(« état » d'énergie de base)}$$

(b) Corps macroscopique:

$$\gamma_1(y) = (2\pi b^2)^{-1/4} e\left[-\frac{y^2}{4b^2}\right]$$

(paquet d'ondes d'incertitude minimale pour lequel la valeur moyenne de mesures de position est « y » = 0, la largeur de la distribution de position est: $\Delta y = b$ et la valeur moyenne des mesures de moment « p » = 0

$$\gamma_2(y) = (2\pi g^2)^{-1/4} e\left[-\frac{y^2}{4g^2} + \frac{iby}{\hbar}\right]$$

(paquet d'ondes d'incertitude minimale, pour lequel «y» = 0; $\Delta g = g$; $< p > = b$)

Il est évident que x désigne la variable indépendante de position du système atomique et y celle du grand système. Pour s'affranchir, dans la mesure du possible, des effets de dispersion résultant du principe d'incertitude nous avons utilisé pour décrire le macrosystème, des paquets d'onde d'incertitude minimale (c'est-à-dire la représentation mathématique d'ensembles dont les produits d'incertitude $\Delta y.\ \Delta p$ sont toujours minimaux).

Pour décrire l'interaction considérée avec ces fonctions d'onde, nous

partons d'un ensemble pur dont les statistiques de mesure seraient caractérisées par la fonction d'onde:

$$\psi_0 (x,y) = \alpha_1 (x)\, \gamma_1 (y).$$

Si, au bout d'un intervalle égal à la demi-vie spontanée de l'oscillateur on effectuait une mesure d'énergie sur chacun des oscillateurs et une mesure globale (classique) de moment cinétique sur les macrosystèmes correspondants, la moitié des éléments de l'ensemble donneraient l'énergie de base pour l'oscillateur atomique et le moment classique *b* pour le macrosystème; l'autre moitié donnerait le premier état excité d'énergie pour l'oscillateur et le moment classique zéro pour le macrosystème. L'intuition classique amenerait alors à traduire les « résultats de mesure prédits avec certitude » en « valeurs des *propriétés* observables du système » et donc à dire que l'ensemble en question, considéré au bout de la demi-vie spontanée de l'oscillateur atomique peut être divisé en deux sous-ensembles de même grandeur, dont l'un contient des oscillateurs excités et des corps au repos, l'autre contenant des oscillateurs éteints et des corps en mouvement. Pour qu'une telle division en sous-ensembles soit possible, l'ensemble considéré doit être un *mélange*, mathématiquement caractérisé par les fonctions d'onde de l'une quelque de ses divisions en sous-ensembles purs, avec leurs poids respectifs (c'est-à-dire les fractions de l'ensemble d'origine qui existent dans chacun des sous-ensemble). Dans l'exemple actuel, ce mélange serait composé de $\alpha_1 (x)\, \gamma_1 (y)$, avec poids 1/2 et de $\alpha_2 (x)\, \gamma_2 (y)$ avec poids 1/2, selon l'intuition classique.

Il y a cependant un défaut inadmissible dans le raisonnement classique qui vient d'être énoncé. Un système composé fermé (oscillateur plus corps macroscopique) aurait évolué, au cours de la demi-vie spontanée de l'oscillateur d'un état pur à un état de mélange, ce qui est une impossibilité mathématique en physique quantique. C'est donc qu'il était illégitime de traduire les « résultats certains de mesure » en « propriétés des systèmes »: la mécanique quantique ne s'oppose en rien aux résultats expérimentaux tels qu'ils ont été indiqués: elle ne s'oppose qu'à l'interprétation transcendante qui consiste à dire qu'ils révèlent des propriétés possédées par les systèmes. Dans une version quantique correcte, l'ensemble demeurerait pur au bout de la demi-vie de l'oscillateur et on pourrait le représenter par la fonction d'onde:

$$\psi (x,y) = \frac{1}{\sqrt{2}}\ \alpha_1 (x)\gamma_1(y) + \frac{1}{\sqrt{2}}\ \alpha_2 (x)\gamma_2(y).$$

Sachat que $\alpha_1 (x)$ et $\alpha_2 (y)$ sont orthonormales et que, dans le cas du corps macroscopique, on peut facilement montrer que $\gamma_1 (y)$ et $\gamma_2 (y)$ sont approximativement orthonormales, on aperçoit aisément la signification physique qu'il faut attacher à cette fonction d'onde; les carrés des coefficients $(\frac{1}{\sqrt{2}})$ associés à chacune des possibilités de la mesure couplée de l'énergie de l'oscillateur et du « macromoment » nous donnent bien les probabilités nécessaires, soit (1/2). Ainsi, pour autant que l'on s'occupe que des observables essentiels ou, au moins, de ceux qui sont les plus faciles à mesurer, l'ensemble pur prédit par la théorie quantique est indiscernable expérimentalement de l'ensemble mélangé que réclame l'intuition classique.

Le fait, néanmoins, qu'un macrosystème puisse être inclus dans un ensemble pur quantique a donné naissance à de nombreuses incompréhensions d'ordre philosophique parmi les physiciens et parmi les philosophes qui ont hésité à adopter totalement ce que l'on pourrait nommer une pensée quantique pure. Il en est résulté que les théoriciens de la mesure ont bâti de nombreuses constructions visant à éliminer les effets non classiques qui, jusqu'à présent, n'ont pas été mis en évidence mais qui résultent implicitement de l'existence d'ensembles purs comportant des macrosystèmes.

Ces constructions vont depuis des restrictions mathématiques formelles, relatives à « l'observabilité » des observables quantiques qui pourraient permettre de distinguer l'ensemble pur du mélange, jusqu'à des obscurités philosophiques à base de réalisme naïf (Ces questions sont étudiées en détail dans [9]).

Mon opinion est que ce désir de rendre insignifiants les traits quantiques spécifiques d'un ensemble pur comprenant des macrosystèmes se rattache à, ou même découle directement d'une confusion sémantique courante relative au terme d'*état* quantique mentionné au paragraphe 3. Supposons, pour les besoins de la discussion, que le concept quantique d'état puisse s'appliquer littéralement en physique quantique, c'est-à-dire que la conception quantique de l'univers soit basée sur l'énoncé que tout système physique possède une fonction d'onde bien définie de la même manière que l'on supposait que les systèmes classiques possédaient des qualités primaires. Un tel point de vue aurait pour conséquence immédiate que le mélange considéré ci-dessus signifierait, conformément aux idées classiques, que la moitié des systèmes composants ont *chacun* la fonction d'onde α_1 (x) γ_1 (y) et l'autre moitié *chacun* la fonction d'onde α_2 (x) γ_2 (*y*). D'un autre côte l'état pur (quantiquement correct) w (x,y) signifierait une coexistence absurde des *deux* états dans *chacun* des systèmes composants, de sorte que chacune des paires formées d'un oscillateur atomique et d'un corps macroscopique seraient douées d'un caractère amorphe, en totale discordance avec l'expérience courante. Ainsi, *si* l'on admet l'interprétation littérale des états quantiques comme décrivant des systèmes individuels, la seule alternative perceptuellement vérifiable est le mélange, interdit par la mécanique quantique.

Par contre, si l'on interprète le concept d'état en physique quantique comme signifiant seulement, ainsi qu'il a été indiqué ci-dessus, un indicateur des résultats statistiques de mesure qui n'est *pas*, en principe attaché à un système physique individuel, mais bien aux modes de préparation permettant de produire des ensembles, l'attribution d'une superposition ψ (x,y) à un ensemble comportant des macrosystèmes n'amène à aucune conception fantaisiste d'attributs mutuellement exclusifs qui coexisteraient. Au contraire, l'interprétation de ψ (x,y) rapportée à un ensemble est empreinte d'une attitude entièrement positive: la prédiction quantique particulière qui est explicitée par ψ (x,y), mais qui ne se trouve pas dans le mélange inspiré par l'intuition classique, peut être considérée comme une prédiction scientifique, qui ne doit pas faire l'objet d'un complément de définition ni d'obscurités philosophiques, mais qui devrait, un jour ou l'autre, être soumise à des vérifications expérimentales.

5. - La pensée quantique. — La littérature relative à la théorie quantique de la mesure a été récemment agitée par un débat entre deux écoles de

pensée qui admettaient l'une et l'autre qu'un ensemble pur, comportant des superpositions de fonctions d'onde distinctes, *devait* être physiquement équivalent à un mélange, mais qui étaient en complet désaccord quant à la manière appropriée de parvenir à ce but. Pour les besoins de la présente étude, nous pouvons nommer ces deux points de vue: formaliste [10] et physique [11].

Les formalistes tentent de délimiter des sous-ensembles des opérateurs hermitiens (qui, dans le formalisme quantique, représentent les observables) qui aient en commun la propriété de fournir toujours la *même* valeur prédite aussi bien pour les représentations pures, qui sont correctes du point de vue quantique que pour les représentations mélangées recommandées, par l'intuition classique dans le cas d'ensembles macrosystème-microsystème du modèle défini au paragraphe 4. Les observables ayant cette propriété, parmi la totalité des observables qu'il est possible de concevoir, seraient déclarés être les seuls observables « réellement observables » et il en résulterait le maintien du point de vue classique au niveau macroscopique, puisque le mélange pourrait être employé sans entraîner aucune conséquence physique réelle. Ce type de raisonnement ne peut, il va de soi, se perpétuer que jusqu'au jour où un physicien découvrira une définition cohérente et utilisable de l'un des observables « inobservables ».

Le point de vue des physiciens est, selon l'opinion de l'auteur, beaucoup plus tangible: il cherche à prouver, par l'analyse physique des instruments de mesure macroscopiques réellement employés, que les seuls macroobservables qui soient utilisés *en fait* ont pour caractère que, pour eux, la distinction entre ensembles purs et ensembles mélangés est négligeable. Je ne suis cependant pas prêt à accorder à cette version le degré d'universalité que veulent lui attribuer ses tenants: j'insisterais, au contraire, sur le fait qu'il peut exister des procédés de mesure pour lesquels la différence entre ensembles purs et ensembles mélangés ne puisse pas être négligée.

Considérons, par exemple, l'interaction entre macrosystème et microsystème étudiée au paragraphe 4. La théorie quantique affirme que l'ensemble est pur (au bout de la demi-vie spontanée de l'oscillateur), avec la fonction d'onde suivante:

$$\psi(x,y) = \frac{1}{\sqrt{2}}\ \alpha_1(x)\gamma_1(y) + \frac{1}{\sqrt{2}}\ \alpha_2(x)\gamma_2(y),$$

où les α et les γ ont le sens défini au paragraphe 4. Si soit les formalistes, soit les physiciens, ont raison, la distinction entre, d'une part, un ensemble pur ayant cette fonction d'onde et, d'autre part, un ensemble mélangé que l'on peut séparer en deux sous-ensembles purs de même poids, l'un ayant la fonction d'onde $\alpha_1\ (x)\ \gamma_1\ (y)$ l'autre la fonction d'onde $\alpha_2\ (x)\ \gamma_2\ (y)$ est soit inexistante soit négligeable. Les formalistes prédisent essentiellement que l'on ne pourra jamais concevoir aucune mesure pour mesurer certains observables, et si les physiciens prétendent que leur méthode est nécessaire et universelle, ils nient également la possibilité d'effectuer certaines mesures.

Les arguments de ces deux écoles affirment, de manière abstraite, mais avec frénésie, que les valeurs mathématiques de certains observables cruciaux, ceux qui pourraient permettre d'effectuer la distinction que l'on cherche à bannir, transcendent toute possibilité d'interprétation physique. Ceci est bel et bien une illusion que l'on peut dissiper par un contr'exemple utilisant

la même paire: « oscillateur atomique - macrosystème » définie au paragraphe précédent. On peut aisément calculer la distribution de probabilité composée des *positions* x et y dans les deux cas intéressants: celui de l'ensemble pur et celui du mélange. Bien qu'il soit possible d'avancer des arguments pragmatiques incontestables pour soutenir qu'avec la technologie actuelle ni x ni y ne sont mesurable avec précision, il n'en demeure pas moins que la notion physique de position est trop solidement établie dans le cadre de la mécanique quantique pour qu'il soit soutenable d'avancer que x ou y ne sont pas mesurables par principe. Il en résulte que, si des mesures de x et de y peuvent permettre de distinguer l'ensemble pur du mélange, le point de vue formaliste cesse d'être convaincant. D'autre part, le succès du point de vue physique dépend essentiellement de la différence numérique entre les distributions prédites au moyen de l'ensemble pur d'une part, du mélange de l'autre. Ce n'est que si cette différence est numériquement négligeable que le point de vue physique est exact. Dans le cas présent, cette différence est loin d'être négligeable, comme nous allons maintenant l'établir.

Pour l'ensemble pur ayant une fonction d'onde ψ (x,y), comme défini ci-dessus, la probabilité composée de x et y est exactement:

$$w_1(x,y) = \left| \frac{1}{\sqrt{2}} \alpha_1(x)\gamma_1(y) + \frac{1}{\sqrt{2}} \alpha_2(x)\gamma_2(y) \right|^2.$$

Pour le mélange, que l'on peut subdiviser en un sous-ensemble pur ayant une fonction d'onde α_1 (x) γ_1 (y) et un second ayant la fonction d'onde α_2 (x) γ_2 (y), chacun de ces sous-ensembles ayant le poids 1/2, la distribution de probabilité composée de x et y est:

$$w_2(x,y) = 1/2 \; |\alpha_1(x)\gamma_1(y)|^2 + 1/2 \; |\alpha_2(x)\gamma_2(y)|^2 \neq w_1(x,y).$$

Pour montrer que la différence entre ces deux distributions est loin d'être négligeable, il suffit de considérer le rapport de leurs valeurs au point:

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{3/2 + \sqrt{2}}{3/2} = 1.94$$

(On a supposé, pour la simplicité du calcul, que b = g).

Il est clair que la différence entre ces distributions est loin d'être négligeable, puisque leur écart au point considéré est du même ordre de grandeur que la valeur des distributions elles-mêmes. Il est exact que cette discordance considerable ne survivra pas à l'écoulement du temps: si ψ (x,y) évolue librement, elle deviendra très rapidement indiscernable du mélange, pour autant que l'on considère les mesures de x et de y. Néanmoins, si l'on développait des techniques expérimentales d'une finesse suffisante pour mesurer l'observable de position quantique avec une précision assez grande, l'erreur consistant à rendre universel l'argument des physiciens apparaîtrait expérimentalement évidente.

On a récemment donné [12] une autre illustration de l'intrusion possible d'effets quantiques dans l'expérience macrophysique: elle est pratiquement inutilisable, mais correcte au point de vue théorique; il s'agit d'une analyse

quantique des collisions multiples de billes de billard. De plus, la physique des basses températures fait apparaître des effets de mécanique quantique dans l'expérience macroscopique, avec une indéniable évidence empirique.

Tout ceci suggère qu'il pourrait être utile, voire même finalement nécessaire, d'apprendre à regarder l'univers à travers des lunettes quantiques, à interpréter et à comprendre les données perceptives fournies par la nature au moyen de concepts quantiques au lieu de concepts classiques, ceci à tous les niveaux de l'expérience physique. Ce travail intellectuel est certainement compliqué par nos habitudes innées de pensée. Les êtres intelligents mais routiniers sont portés à accepter comme étant le « sens commun » l'interprétation de ces données en termes de mécanique rationnelle et il arrive que les physiciens eux-mêmes décrivent, souvent délibérément, en termes classiques des phénomènes atomiques, en qualifiant le tout d'explications « physiques »! Il est évident que la quasi-totalité d'entre nous considère les modes de pensée classiques comme primordiaux.

Cette situation n'est pas sans analogies dans l'histoire de la physique. Considérons, par exemple, comment s'est développé le concept de gravité. Dans l'univers organistique de la philosophie aristotélicienne, les corps pesants tombaient sur le sol en vertu d'un « instinct de rapatriement », sorte de tendance anthropomorphique à revenir à la place qui leur était assignée dans le cosmos dantesque. Ensuite, dans l'univers plus scientifiquement précis de Newton, les corps pesants tombaient par terre non plus pour maintenir un ordre éternel, mais parce qu'ils y étaient attirés. Aujourd'hui, dans l'univers d'Einstein qui est encore plus scientifiquement précis, les corps pesants tombent par terre parce qu'ils réalisent ainsi la trajectoire la plus courte possible, à travers l'espace-temps courbe. C'est néanmoins la version newtonienne qui demeure « la plus réelle » pour la plupart des gens. La relativité générale d'Einstein occupe, sur le plan intellectuel, une niche analogue à celle qu'occupe la physique quantique. On ne les appelle à l'aide qu'en cas d'urgence provenant d'une extrapolation excessive des concepts classiques. Ce sont ces derniers qui fournissent presqu'invariablement les points de départ de tous les raisonnements physiques. Mais ceci ne nous paraît pas être une nécessité: l'humanité a su franchir avec succès la distance entre la gravitation aristotélicienne et celle de Newton, de sorte que personne n'emploie plus cette dernière dans le seul but d'apporter des corrections de détail à un modèle organistique primordial.

Comme nous l'avons suggéré au début, l'ère actuelle en physique semble nous permettre d'assister à un changement de caractère de l'intuition physique qui est analogue à celui qui s'est produit aux XVIème et XVIIème siècles, lorsque les idées aristotéliciennes ont disparu au profit des idées newtoniennes. La mécanique quantique est bien développée et universellement employée comme outil mathématique pour les problèmes de microphysique, mais son efficacité épistémologique n'est reconnue que du bout des lèvres. Le jargon de l'expérimentateur, le langage du laboratoire réflètent la survivance des conceptions classiques de l'univers, qui constituent le centre de ce que l'on nomme le point de vue « physique ».

En résumé l'homme — et même le savant — n'a pas encore appris la *pensée quantique* pour décrire avec des concepts quantiques et dans un langage quantique les aspects de l'expérience humaine qui relèvent de la méthode scientifique. Il se peut que le jargon quantique nous apparaisse obscur et

inefficace pour décrire notre expérience physique quotidienne. Il est à noter, cependant, que même les personnes les plus routinières n'hésitent pas à interpréter l'éclair comme étant un phénomène électrique, plutôt que l'ouvrage d'un pyrotechnicien céleste.

Il est peut-être temps d'arracher notre ancre des préjugés classiques et d'appareiller vers les horizons inexplorés de l'intuition *quantique*. Il est difficile de prévoir quelles pourront être les conséquences culturelles d'une telle mutation. On pourra s'attendre, par exemple, à ce qu'il y ait moins de biologistes qui tentent d'expliquer la vie sur la toile de fond du mécanisme classique. De même, nombre de philosophes pourraient cesser de nier que l'esprit humain soit une entité *sui generis* et d'adhérer aux solutions mécanistes du problème des rapports entre le corps et l'esprit. En tout état de cause, si cette « renaissance quantique » doit se produire, il faudra que les savants, et les philosophes eux-mêmes, commencent à s'occuper plus sérieusement des conséquences épistémologiques de la physique quantique.

Pullman, Washington State University, Department of Physics.

J. L. PARK

(Traduit par C. Cardot - Gif-sur-Yvette)

BIBLIOGRAPHIE

[1] COPERNICUS N. - *De Revolutionibus Orbium Caelestium* (1543). Traduit par J. F. Dobson et S. Brodetsky. *Occasional Notes of the Royal Astronomical Society* 2 (1947), 9.

[2] BOHR N. - In *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*. P. Schilpp, Ed. New York: Harper and Bros. (1959), 209.

[3] HEISENBERG W. - *Physics and Philosophy*. New York: Harper and Bros. (1958), 44.

[4] MARGENAU H. and PARK J. L. - In *Delaware Seminar in the Foundations of Physics*. M. Bunge, Ed. New York: Springer-Verlag (1967), 161.

[5] MARGENAU H. - *Physics Today 7* (1954), 6. Cf. également PARK J. L. et MARGENAU H. - « Simultaneous Measurability in Quantum Theory » (à paraître dans *The International Journal of Theoretical Physics*).

[6] PARK J. L. - *American Journal of Physics 36* (1958), 211.

[7] SCHRODINGER E. - *Naturwissenschaften* 23 (1935), 812.

[8] ROSEN N. - *American Journal of Physics* 32 (1964), 597.

[9] PARK J. L. - *Quantum Theoretical Concepts of Measurement*, Parts I and II (à paraître dans *Philosophy of Science*).

[10] JAUCH J. M. - *Helvetica Physica Acta 37* (1964), 293. JAUCH J. M., WIGNER E. P. et YANASE M. M. - *Nuovo Cimento 48B* (1967), 144.

[11] DANERI A., LOINGER A. et PROSPERI G. M., - *Nuclear Physics 33* (1962), 297; *Nuovo Cimento 44B* (1966), 119. ROSENFELD L. - *Supplement: Progress of Theoretical Physics*, Extra Number (1965), 222; *Nuclear Physics A108* (1968), 241. LOINGER A. - *Nuclear Physics A108* (1968), 245.

[12] RAYMOND D. J. - *American Journal of Physics 35* (1967), 102.

ORGANISATION DES CHROMOSOMES EN RAPPORT AVEC LE MÉCANISME DU CROSSING-OVER

Les preuves cytologiques sur la question controversée du nombre de molécules de DNA formant l'axe des chromosomes de la ligne germinale sont passées en revue. Les observations sur les chromosomes au microscope optique ne fournissent aucun renseignement sur cette question, ni ne le font les résultats expérimentaux sur les sortes d'aberrations produites dans les chromosomes par le traitement par les rayons X à différentes temps dans l'interphase ou la mitose. La diversité des teneurs en DNA des noyaux d'espèces apparentées avec le même nombre de chromosomes, qui souvent a été considérée comme une preuve de variation entre les espèces dans le degré de multicaténarité des chromosomes est explicable comme une variation dans la teneur en DNA de chromomères individuels et elle n'apporte donc aucune preuve sur le nombre de fibres dans un chromosome. On argue que les travaux récents sur la réplication du DNA dans une souche à huit spores de Chlamydomonas *semblablement ne fournit aucune preuve. La microscopie électronique, le marquage par le tritium, et la cinétique de la cassure par la désoxyribonucléase sont considérés comme étant les seules techniques qui ont fourni des renseignements convenables. Toutes les trois ont donné des résultats qui suggèrent que l'axe est une unique molécule de DNA (ou un certain nombre joints bout à bout), et aucune donnée n'exclut cette possibilité. La conclusion que le chromosome n'est construit que d'un seul filament est en accord avec les données obtenues du crossing-over et des phénomènes génétiques apparentés.*

Les idées sur l'organisation des chromosomes ont besoin d'être mise en relation avec les idées sur le mécanisme du crossing-over, parce que le crossing-over implique l'échange physique de segments entre des chromosomes correspondants. Dans cette revue des preuves cytologiques concernant la structure des chromosomes, les idées actuelles sur le processus d'échange vont être d'abord brièvement mentionnées pour montrer leurs implications dans l'organisation du chromosome.

Il semble maintenant hautement probable que le crossing-over implique la rupture physique des chromosomes d'origine paternelle et d'origine maternelle à des positions correspondantes, suivie par leur réunion à l'envers, c'est-à-dire, un segment paternel à gauche joint à un segment maternel à droite, et *vice versa*. L'autre possibilité était que l'échange se produisît lors du processus de duplication des chromosomes avant la division nucléaire dans la méiose, une partie d'un chromosome étant copiée et le processus de synthèse passant alors sur le chromosome homologue (dérivé de l'autre parent de l'individu) et le copiant à la place. L'information génétique sur le crossing-over a été obtenue amplement à partir des champignons ascomycètes, d'espèces telles que *Ascobolus*, *Aspergillus*, *Neurospora* et *Sordaria*. Particulièrement utile a été la production de rapports aberrants parmi les huits spores dans une asque. Des rapports tels que 6 : 2 ou 5 : 3 au lieu de la normale 4 : 4, lorsque un caractère mutant subit une ségrégation, sont habituellement associés au crossing-over des gènes situées de chaque côté du mutant montrant le rapport aberrant. On pensa d'abord que ces rapports étayaient l'hypothèse du crossing-over par synthèse détournée (choix de la copie), mais ils sont maintenant interprétés en termes de rupture et de réunion, avec la jonction se produisant par l'asso-

ciation latérale de chaînes nucléotidiques complémentaires de DNA dérivées du chromosome paternel et la partie correspondante du chromosome maternel, respectivement, pour donner des hétérodoublets ou des DNA hybrides. Afin d'expliquer les résultats expérimentaux en termes de DNA hybrides, cependant, il est nécessaire de supposer que l'axe d'un chromosome contient seulement une molécule de DNA (ou un certain nombre joints bout à bout). En d'autres termes, on suppose que l'information génétique n'est pas répétée dans un nombre de telles molécules situées parallèlement les unes aux autres. Cette condition multicaténaire requiérerait une hypothèse complexe et peu plausible telle que Maguire [1] l'a proposée. Son modèle comprend un échange de chaînes entre les deux molécules de DNA postulées comme formant l'axe de chaque chromatide. Cette échange est une proposition *ad hoc* pour expliquer les résultats obtenus par Taylor et discutés ci-dessous. De plus, certaines des données expérimentales sur le crossing-over et les phénomènes associés ressemblent aux résultats provenant des bactéries et des bactériophages, dans lesquelles le matériel héréditaire est réputé être monocaténaire (un doublet DNA) [2]; expliquer ces caractères du crossing-over exige un modèle uni-caténaire.

Un dilemme s'est ainsi élevé: comment peut-on réconcilier un chromosome monocaténaire (un doublet DNA comme axe) avec les résultats expérimentaux de l'étude des chromosomes par divers moyens, dont beaucoup suggèrent que le chromosome est multicaténaire? C'est le but de cet article d'examiner les résultats obtenus par ces études des chromosomes et de tenter de résoudre cette contradiction entre les données cytologiques et génétiques.

Huit lignes cytologiques différentes d'étude ont été employées comme base pour des arguments à propos du nombre de cordons dans un chromosome, et chacune va être considérée à son tour. La controverse sur la structure des chromosomes se réfère seulement aux chromosomes de la ligne germinale: on s'accorde généralement sur ce que les chromosomes de certains tissus somatiques, notamment des chromosomes géants des glandes salivaires des larves de mouches telles que *Drosophila* et *Chironomus* sont multicaténaires (polyténiques).

La première méthode et la plus évidente pour examiner les chromosomes c'est de les observer au microscope optique. On peut faire les observations soit sur du matériel vivant au microscope à contraste de phase, ou sur des préparations fixées et colorées que l'on peut avoir prétraitées de différentes manières, par exemple, avec des enzymes qui enlèvent certaines parties du chromosome. Il y a eu maintes communications sur la base des observations au microscope optique que le chromosome est multi-caténaire [1, 3, 4, 5]. Bajer [3] a vu deux filaments dans les films cinématographiques en contraste de phase des chromosomes en anaphase et en télophase lors de la mitose dans le matériel vivant de l'endosperme de la plante en fleur *Haemanthus katherinae*. Trosko et Wolff [4] ont observé quatre cordons dans les chromosomes des pointes de racines de *Vicia faba* (grosse fève), après digestion par la trypsine, et Maguire [1, 5] a observé deux cordons dans les chromosomes de *Zea mays* (Maïs). Bajer a indiqué, cependant, que le microscope optique a un pouvoir de résolution de 0,2 - 0,3 μ. Il est évident, par conséquent, que les cordons observés par ces auteurs n'ont aucun rapport direct à la question à l'étude ici, qui est de savoir si l'axe d'un chromosome contient une molécule de DNA ou plus d'une. Une molécule de DNA a un diamètre de 2 mμ, ou peut-être 3 mμ avec ses protéines basiques associées (histones). La puissance du microscope optique est donc 100 fois trop faible pour résoudre une molécule

de DNA de deux. Les chaînes observées sont évidemment des agrégats de l'unité de base, tels qu'on peut en attendre lorsque le chromosome est dans un état fortement contracté dans la division nucléaire, et l'axe primaire est sans doute très enroulé en arrière et en avant sur lui-même (comparer avec les résultats de la microscopie électronique discutés ci-dessous). On en conclut, par conséquent, que les observations au microscope optique ne fournissent aucun renseignement pour ou contre l'hypothèse que l'axe du chromosome consiste essentiellement en une molécule unique de DNA.

Une seconde méthode pour observer les chromosomes, c'est d'utiliser le microscope électronique, avec son pouvoir de résolution beaucoup plus élevé. Les premières études des chromosomes par cette méthode [6] révélèrent un enchevêtrement de fils très fins et conduisirent plutôt naturellement à l'idée que le chromosome est multi-caténaire au niveau moléculaire. La preuve n'est en aucune sorte concluante, cependant: un enchevêtrement de fils serait vu si un fil unique était très enroulé en arrière et en avant sur lui-même. Récemment, la technique de Kleinschmidt *et al.* [7] — séparant le DNA d'une particule virale à une interface air-eau — a été appliquée aux chromosomes par plusieurs auteurs [8, 9]. Ces études ont révélé que les chromosomes sont composés de fibres de 25-30 mμ de diamètre. C'est encore plus de 10 fois le diamètre d'une molécule de DNA mais, néanmoins, ces auteurs s'accordent à croire que ces fibres ne contiennent qu'une seule molécule de DNA. Les fibres peuvent être étirées d'une manière qui ne serait pas possible si elles étaient multi-caténaires. Wolfe et Hewitt [9] ont observé que le nombre de ces fibres par chromatide croissaient durant la prophase I de la méiose chez l'insecte *Oncopeltus fasciatus* de 7 (domaine 4 à 10) dans un stade précoce (zygotène) à 12 (domaine 7 à 16) à un stade plus avancé (diacinèse), lorsque les chromosomes sont fortement contractés. Cela démontre que l'aspect multi-caténaire des chromosomes en terme de fibres de 25 mμ peut se produire par un enroulement parallèle lorsque le chromosome se contracte, et est ainsi compatible avec un chromosome monocaténaire. On en conclut que ces études au microscope électronique n'indiquent pas que le chromosome est nécessairement multi-caténaire. En effet, le travail de Miller [10], s'il est confirmé, établira que le chromosome est monocaténaire: celui-ci examina les chromosomes ainsi dits en rince-bouteille des oocytes du triton *Triturus viridescens* sous le microscope électronique. Ces chromosomes de la ligne germinale sont au stade diplotène de la méiose et ils consistent en un axe principal unissant la rangée linéaire des chromomères, et une série de boucles naissant en paires à partir des chromomères. Il y a une forte évidence que l'axe principal consiste en 2 chromatides et les boucles de l'un (voir ci-dessous). Après digestion avec la ribonucléase et les protéases pour enlever le RNA et la protéine, Miller a trouvé que sous le microscope électronique l'axe principal consistait en un fil excessivement fin d'un diamètre de 5 mμ et l'axe de la boucle était même plus fin avec un diamètre de 3 mμ. Ces dimensions excluent une condition multicaténaire.

Il y a un désaccord dans les preuves à l'époque actuelle sur la taille de la fibre nucléoprotéinique dont le chromosome est construit. Comme indiqué ci-dessus, les micrographies d'électrons indiquent une fibre d'un diamètre d'environ 25 mμ de diamètre. D'autre part, Pardon, Wilkins et Richards [11] ont inféré des études de diffraction aux rayons X qu'une fibre de nucléohistone de 3 mμ est enroulée pour donner une hélice de hauteur 12 mμ et de diamètre externe 13 mμ.

Une troisième méthode pour tenter d'obtenir des informations sur le nombre de chaînes dans un chromosome, c'est d'étudier sa réplication en utilisant un marquage radioactif. Le tritium (^3H) est particulièrement approprié comme marqueur, parce que les particules qu'il émet sont de faible énergie et pénètrent seulement de 1 μ à l'intérieur de l'émulsion photographique. La position du tritium peut alors être déterminée avec quelque précision : en particulier, les deux chromatides d'un grand chromosome en métaphase peuvent être suffisamment éloignés pour que l'autoradiographe révèle la présence ou l'absence de marquage dans chacun individuellement. En utilisant la thymidine, qui est incorporée dans le DNA mais pas dans le RNA, Taylor, Woods et Hughes [12] ont trouvé que le marquage par le tritium de la thymidine révélait un schéma remarquablement régulier pour le comportement du DNA durant la réplication du chromosome. Ils étudièrent ce comportement lors de la mitose dans les noyaux des tiges des racines de *Vicia faba*. Une réplication en présence du marqueur conduisait au marquage des deux chromatides à la mitose succédante, mais après une autre réplication, cette fois sans tritium dans la thymidine, le marquage original était trouvé limité à un seul chromatide de chaque paire (voir fig. 1). L'explication la plus simple de ce résultat, c'est que le chromosome est monocaténaire, c'est-à-dire qu'il a un axe comprenant une seule molécule d'ADN. Les deux sous-unités du chromatide révélées par les expérimentations seraient alors les deux chaînes nucléotidiques de l'axe d'ADN ; à chaque réplication celles-ci se sépareraient et une chaîne nouvelle déposée le long de chacune. Si le chromosome est multi-caténaire, il doit être organisé de telle façon que toutes les molécules de DNA dans chaque chromatide sont semblables en ce qui concerne les deux fois différentes où leurs chaînes nucléotidiques furent synthétisées. Les deux sous-unités de chaque chromatide révélées par l'expérience seraient alors les deux ensembles de chaînes nucléotidiques synthétisées lors de différentes réplications.

Subséquemment, Taylor [13, 14] obtint une preuve favorisant l'alternative monocaténaire. Dans certaines des cellules, la cassure et l'échange de segments furent trouvés s'être produits entre chromatides homologues. Ces échanges furent reconnaissables après la seconde réplication (l'une en l'absence de tritium), parce que le marquage se trouvait dans un chromatide pour une partie de sa longueur et le chromatide soeur pour le reste. Parfois, deux chromosomes homologues montraient tous les deux de tels échanges en des positions correspondantes. Ceci fut appelé un échange gemellé, mais il était manifestement causé par un événement de cassure et de réunion se produisant juste après la première réplication (celle en présence du tritium), telle que dans chaque chromatide rompu, un segment de l'ancienne (non marquée) sous-unité d'un chromatide s'était uni à un segment de la nouvelle (marquée) sous-unité de l'autre, et *vice versa* (E" dans Fig. 1). L'autre type d'échange, qui semblait n'impliquer que les chromatides d'un seul chromosome, fut appelé échange unique. Il pouvait se manifester de deux façons : soit (*a*) par un échange se produisant juste après la première réplication (E dans la Fig. 1), ou (*b*) par un échange ayant lieu juste après la première réplication, mais avec une réunion telle que dans l'un des chromatides rompus un segment de l'ancienne (non marquée) sous-unité d'un chromatide se soit réuni à un segment de l'ancienne sous-unité de l'autre, et semblablement avec les nouvelles (marquées) sous-unités (É dans la Fig. 1) ; cela ne pourrait se faire, cependant, si le chromosome était monocaténaire, parce que les anciennes sous-unités des deux chromatides seraient des chaînes

nucléotidiques de polarité opposée, et semblablement avec les nouvelles sous-unités. La polarité contraire se réfère aux liaisons phosphodiesters des chaînes nucléotidiques, qui se succèdent dans des directions opposées dans les deux chaînes de la molécule de DNA. Ainsi, si l'axe du chromosome consiste en seulement une molécule de DNA, les échanges uniques ne peuvent advenir que par l'alternative (*a*) ci-dessus, à savoir, un échange après la seconde réplication (E dans la Fig. 1 et non E'). Il y aura deux fois autant d'occasions pour un échange à la seconde réplication en comparaison de la première, parce que le nombre de chromosomes aura doublé, puisque la colchicine a été utilisée pour empêcher la formation des fuseaux. D'où, avec un chromosome monocaténaire, on s'attend à deux fois aurant d'échanges uniques que d'échanges gemellés. Taylor [14] a trouvé le rapport 2 : 1 dans les comptages d'échanges dans le chromosome le plus grand de la plante liliacée *Bellevalia romana*. Confirmation de ce rapport fut obtenue par Herreros et Giannelli [15] avec des comptages beaucoup plus importants à partir de cellules humaines en culture. Pour expliquer ce rapport avec un chromosome multi-caténaire, il est nécessaire de faire des hypothèses beaucoup plus sophistiquées à propos de la façon dont le DNA est organisé et subit des échanges.

Quelques auteurs, Peacock [16] éminemment, ont observé le marquage par le tritium en des positions correspondantes des deux chromatides après la seconde réplication (l'une en l'absence du marqueur). Cet iso-marquage, comme il a été appelé, se produisit dans un ou plusieurs chromosomes, ou dans une partie d'un chromosome, dans certaines des cellules. Peacock suggéra deux explications possibles: (i) le chromosome est multi-caténaire et les deux schémas alternatifs de marquage à la seconde mitose (soit un chromatide marqué ou les deux marqués) dépendent de la manière dont les molécules du composant DNA s'assortissent; ou (ii) le chromosome est monocaténaire, mais il y a eu de multiples échanges entre les chromatides dans les régions iso-marquées. En l'absence de preuves pour des croisements multiples, Peacock favorisa la première explication. Dans une tentative pour réconcilier les données génétiques sur la recombinaison avec les études cytologiques [voir 17] des chromosomes en rince-bouteille et des glandes salivaires, j'ai suggéré que les chromomères sont détachés du chromosome lorsque le crossing-over a lieu (18). Un tel détachement expliquerait également l'iso-marquage, parce qu'il permettrait la réunion au chromatide soeur. Si la réunion de certains chromomères se faisait aux chromatides originaux et d'autres aux chromatides soeurs, cela provoquerait de multiples échanges en les termes du marquage par le tritium, mais non en les termes du crossing-over génétique. De cette manière, l'isomarquage serait compatible à la fois avec le chromosome monocaténaire et avec les échanges mitotiques ou par crossing-over se produisant seulement à des intervalles bien espacés, comme il est observé.

Une quatrième approche à la question du nombre de filaments dans un chromosome est fournie par les aberrations induites par les rayons X et d'autres agents. Il est notoire que le traitement, tôt dans l'interphase, provoque des aberrations *chromosomiques* à la mitose suivante, c'est-à-dire, en affectant les deux chromatides, et le traitement, tardivement dans l'interphase, cause des aberrations des *chromatides*, c'est-à-dire, en n'affectant qu'un seul chromatide d'une paire. Ce résultat est en accord avec la preuve que le DNA et la protéine du chromosome sont reproduits dans l'interphase moyenne. Une étude plus détaillée, cependant, en utilisant de la thymidine tritiée pour déterminer le

temps de synthèse du DNA, a révélé une incompatibilité: le chromosome devenait double aux rayons X (en donnant des aberrations chromatidiques au lieu de chromosomiques à la mitose suivante) une heure avant le début de la réplication du DNA [19]. On a pensé que cette découverte éliminait l'hypothèse monocaténaire du chromosome, mais la considération d'un mécanisme semblable pour la formation des aberrations montre que cette conclusion est erronée. Les aberrations sont probablement formées par des rencontres au hasard entre des chaînes nucléotidiques dérivées de régions non-homologues du génôme, mais qui ont par hasard des séquences nucléotidiques complémentaires [20]. La surface en anneau de ces chaînes aurait été exposée par cassure du squelette phosphodiester par les rayons X, suivie d'un désenroulement de la chaîne complémentaire. Evans [21] travaillant sur les pointes de racine de *Vicia faba* a trouvé qu'une dose fractionnée de rayons X, avec un intervalle de temps de 5 ou 6 heures, provoquait autant d'aberrations qu'une dose unique de la même grandeur totale donnée en un temps plus précoce. Il a avancé que la formations d'aberrations impliquait un processus de réparation — de réparation erronée — et que celui-ci a lieu 5 ou 6 heures après le traitement par les rayons X qui initièrent leur formation. Il suggère que durant la réparation, les chromosomes sont temporairement plus vulnérables à la formation des aberrations. Ceci est compréhensible parce que le processus de réparation implique probablement un certain taux de synthèse de DNA pour combler les lacunes dans les chaînes nucléotidiques, et chez la bactérie *Escherichia coli*, au moins, une telle synthèse semble être précédée par un élargissement temporaire du trou [22]. Que le chromosome double aux rayons X une heure avant le commencement de la période de synthèse normale du DNA (période S) implique que le processus de réparation fournit des aberrations chromosomiques jusqu'à 4 ou 5 heures après le départ de la période S et donne alors des aberrations chromatidiques. La période S dure environ 8 heures, de sorte que ce temps correspond au milieu de la période de réplication du DNA. Ainsi, lorsqu'on laisse un temps suffisant pour compléter le processus de formation des aberrations en conséquence du besoin de réparation, il est manifeste qu'il n'y a aucune incompatibilité entre le temps de synthèse du DNA et le temps dans lequel le chromosome devient double aux rayons X. L'hypothèse monocaténaire n'est ainsi pas exclue par ces résultats expérimentaux.

Une cinquième approche au problème du nombre des filaments dans un chromosome, c'est l'étude des échange sub-chromatidiques induits par les rayons X ou d'autres agents. De tels échanges, qui peuvent êtres induits seulement par le traitement à la prophase de la division nucléaire dans laquelle ils sont observés, donnent naissance à des ponts à l'anaphase avec des ramifications. Ils furent décrits par Swanson [23], qui reconnut des types ayant une configuration X et une configuration U (Fig. 2*d* et 3*d*, respectivement). La plupart des observateurs ont argué que l'existence des échanges subchromatidiques montre que le chromosome ne peut être monocaténaire. Cet argument est faux, cependant, parce que Callan [24] a montré que des parties des chromosomes, qui ne renferment pas d'axe de DNA, peuvent néanmoins adhérer et résister à des tensions considérables. Ces parties sont les chromomères des chromosomes en rince-bouteille de *Triturus*. Il a trouvé finalement que lorsqu'un chromosome est étiré, les chromomères se rompent transversalement de sorte que les boucles traversent la brisure; celle-ci et d'autres preuves conduisirent Gall à proposer la structure montrée dans la Fig. 2 (*e*) pour un chro-

momère et pour ses boucles [24]. Une explication comparable pour les échanges subchromatidiques induits par les rayons X ou des produits chimiques est la formation d'un échange entre les boucles en rince-bouteille, parce que le temps, où les échanges subchromatidiques peuvent être induits (prophase), coïncide avec celui où on sait que les chromosomes ont la structure en rince-bouteille [25]. De plus, un échange entre les boucles en rince-bouteille (qui pourraient être homologues ou non-homologues) peut se produire de deux façons en fonction de l'orientation relative des boucles; ces alternatives correspondraient aux types X et U, respectivement (Fig. 2 et 3). La confirmation que l'aspect subchromatidique de ces échanges est illusoire a été obtenue par l'étude des aberrations induites à la mitose après laquelle le traitement par les rayons X ou les agents chimiques a lieu. On s'attendrait à ce que les aberrations subchromatidiques à la première mitose deviennent des aberrations chromatidiques à la mitose suivante, alors que si les aberrations subchromatidiques se font réellement entre chromatides entiers, comme il est suggéré dans les Fig. 2 et 3, alors des aberrations chromosomiques plutôt que chromatidiques doivent apparaîtrent à la division suivante. De nombreuses aberrations chromosomiques ont été trouvées à cette division [26], alors qu'à de rares occasions seulement des aberrations chromatidiques ont été vues [27]. Il est évident que les échanges ainsi-dits subchromatidiques induits par les rayons X et d'autres agents n'apportent aucun soutien à l'hypothèse que le chromosome est multi-catenaire.

Une sixième méthode pour obtenir des informations sur le nombre des filaments dans un chromosome, c'est à partir de l'étude de la cinétique de la rupture par l'enzyme désoxyribonucléase (DNase). Thomas [28] a montré que cet enzyme clive les liaisons phosphodiester dans le squelette des chaînes nucléotidiques à des positions distribuées au hasard le long des deux chaînes, et que la molécule est rompue lorsque les deux chaînes sont coupées dans l'intervalle d'environ trois nucléotides l'un de l'autre. Gall [29] a photographié des chromosomes en rince-bouteille non fixés de *Triturus* à des intervalles de temps connus après les avoir placés dans la solution d'enzyme, et compté le nombre de cassures observées à chaque temps. De telles données, sur la supposition que toutes les sous-unités doivent être coupées approximativement à la même position pour séparer le cordon chromosomique, il est possible de calculer le nombre des sous-unités au chromosome. Les données de Gall ont donné les chiffres 2,6 pour les boucles (un chromatide) et 4,8 pour l'axe principal (deux chromatides). Il en conclut qu'il y avait deux sous-unités, c'est-à-dire, un doublet DNA, par chromatide parce qu'il était probable que les valeurs estimées soient en excès sur les valeurs vraies en fonction du délai à la fois nécessaire à l'enzyme pour atteindre son substrat et pour que les extrémités rompues diffusent assez loin de côté pour que la cassure soit visible.

Une septième ligne d'enquête sur le nombre de filaments dans un chromosome dépend de l'étude de la variation du contenu en DNA des noyaux d'organismes étroitement apparentés. L'étendue de la variation, à la fois à l'intérieur et entre les différents groupes d'organismes est illustrée dans la fig. 4. Des espèces d'amphibies et de dicotylédones, par exemple, ont des teneurs en DNA par noyau qui s'étalent sur 1,5 ordres de grandeur. Même à l'intérieur des genres, il y a une variation remarquable. Martin et Shanks [32] ont trouvé un domaine sextuple de variation dans la teneur en DNA de noyaux des extrémités de racines entre les espèces diploïdes de *Vicia*, et Callan [17] a cité des

exemples de variation similaire chez les animaux. La diversité des teneurs en DNA a souvent été attribuée à des variations entre espèces dans le nombre de filaments dans les chromosomes. Keyl [33] a trouvé que des bandes individuelles transversales dans les chromosomes des glandes salivaires des sous-espèces *thummi* de la mouche *Chironomus thummi* contiennent 1, 2, 4, 8 ou 16 fois autant de DNA que les bandes correspondantes dans les sous-espèces *piger*. Les taux en DNA ont été mesurés spectrophotométriquement après coloration de Feulgen. La teneur totale en DNA du noyau de *thummi* était 1,27 fois plus grande que celle de *piger*, à la fois dans les glandes salivaires et les gamètes. Sur la base de ces résultats, Keyl a proposé que le taux de DNA des chromomères individuels, que l'on sait correspondre aux bandes transversales des chromosomes des glandes salivaires [34] subissait un doublement successif dans l'évolution. Keyl et Pelling [35] ont trouvé par autoradiographie avec la ^{3}H-thymidine que les bandes avec une teneur plus grande en DNA prenaient plus de temps à se reproduire. Keyl, par conséquent, suggéra que le doublement du taux de DNA d'une bande transversale était causé par un doublement de la longueur de ses molécules de DNA. Callan et Lloyd [36] suggérèrent, sur la base de leurs études sur les chromosomes en rince-bouteille de *Triturus*, que le chromomère consiste en un ensemble de copies d'un gène arrangé en des séries linéaires consécutives à l'intérieur d'une molécule de DNA. Callan [17] proposa un mécanisme d'égalisation entre une copie maîtresse à une extrémité des séries et les autres copies, ou esclaves, par lequel les esclaves acquièrent la même séquence nucléotidique que le maître. Cela rend leur modèle de maître et esclaves plus directement compatible avec les données génétiques sur la mutation et la recombinaison. Conformément à ce modèle, le doublement de la teneur en DNA d'un chromomère en évolution trouvé par Keyl serait causé par le doublement du nombre des esclaves. La signification de ce doublement n'est pas très claire, mais elle fournit une explication alternative au caractère multi-caténaire pour le grand domaine de variation dans la teneur en DNA d'espèces apparentées.

Cependant une autre approche à cette question du nombre des filaments dans un chromosome a été déterminée par Maguire [5] qui a argué que le travail sur la réplication du DNA dans l'algue verte *Chlamydomonas reinhardi* [37] indique que le chromosome est multi-caténaire. Cet argument, cependant, semble être fallacieux. Chez *Chlamydomonas* la fécondation donne naissance à une spore au repos à parois épaisses, qui, à la germination, normalement, produit 4 zoospores. La germination des zygotes peut être initiée en les exposant à la lumière. La méiose se produit environ 8 heures plus tard (à 25°C) et les zoospores sont libérées après 4 autres heures. Sueoka *et al.* [37] a étudié une souche anormale qui produisait 8 zoospores à partir de chaque zygote. Dans cette souche la mitose a lieu dans chacun des 4 noyaux résultant de la méiose. Cette mitose, évidemment, succède très rapidement à la méiose, parce que les spores sont libérées au temps normal. Par emploi d'azote lourd (^{15}N) comme marqueur de densité, ils ont trouvé que la réplication du DNA se faisait avant l'achèvement de la méiose. Cette réplication, cependant, était manifestement en préparation pour la mitose post-méiotique, parce qu'il n'y avait pas de synthèse ultérieure de DNA, avant la libération des 8 zoospores. Il est manifeste que le développement a été télescopé tellement, que la période pré-mitotique S, recouvre la méiose. Il semble être normal chez *Chlamydomonas* que la synthèse du DNA se produise longtemps avant la division nucléaire: Sueoka *et al.* ont

trouvé que les cellules végétatives et les gamètes contenaient 0,123 pg. de DNA (1 picogramme = 10^{-12} g.). C'est évidemment la quantité diploïde, parce que les zygotes contenaient 0,246 pg. et qu'il n'y avait aucune synthèse de DNA avant que la méiose se commence. La période pré-méiotique S avait manifestement eu lieu avant la maturation des gamètes. Ceci est comparable à la découverte que la synthèse pré-méiotique de DNA chez le champignon *Neottiella rutilans* se produit avant la fusion nucléaire [38]. Il est évident que les résultats obtenus par Sueoka *et al.* avec la souche à 8 spores de *Chlamydomonas* n'apporte aucun soutien à l'hypothèse que le chromosome est multi-caténaire.

Les arguments que j'ai discutés sur le nombre des molécules de DNA formant l'axe du chromosome peuvent être résumés comme suit. Aucune information applicable n'est fournie par cinq lignes de recherche, dont toutes ont été à un moment ou à un autre décrites comme apportant la preuve du caractère multi-caténaire. Ces arguments hors de propos sont (*a*) l'aspect du chromosome au microscope optique, (*b*) le temps de doublement du chromosome aux rayons X, (*c*) la survenue d'échanges sub-chromatidiques, (*d*) la diversité des teneurs en DNA d'organismes apparentés et (*e*) l'étude de la réplication du DNA dans une souche à 8 spores de *Chlamydomonas*. Les trois approches restantes, à savoir, la microscopie électronique, le marquage au tritium, et la cinétique de la cassure par la désoxyribonucléase ont toutes fourni une forte preuve en faveur de l'hypothèse que l'axe du chromosome est une molécule unique de DNA. Même l'iso-marquage observé par Peacock et autres, qu'on a souvent considéré comme la meilleure preuve du caractère multi-caténaire, est susceptible d'une interprétation par un chromosome monocaténaire. J'en conclus que la supposition que l'axe du chromosome est un doublet de DNA — une supposition qui permet une explication des données sur le crossing-over et les phénomènes apparentés — est justifiée par les preuves cytologiques.

Cambridge University, Department of Botany.

H. L. K. Whitehouse

(Traduit par B. Bizzini - Neuilly-sur-Seine)

Je remercie le Professeur H. G. Callan, le Professeur H. J. Evans et le Dr S. A. Henderson et le Dr P. Morisset pour des discussions utiles, particulièrement des échanges subchromatidiques, et Mr G. J. Clark pour la préparation des diagrammes.

BIBLIOGRAPHIE

[1] MAGUIRE M. P. (1966) *Proc. natn. Acad. Sci. U.S.A.* 55, 44.

[2] WHITEHOUSE H. L. K. (1967) *Nature, Lond.* 215, 1352.

[3] BAJER A. (1965). *Chromosoma* 17, 291.

[4] TROSKO J. E. and WOLFF S. (1965) *J. Cell Biol.* 26, 125.

[5] MAGUIRE M. P. (1968). *Proc. natn. Acad. Sci. U.S.A.* 60, 533.

[6] RIS H. (1965) in *The Chemical Basis of Heredity* (ed. W.D. McElroy and B. Glass), Baltimore, Johns Hopkins Press, p. 23; KAUFMANN B. P. and MCDONALD M. R. (1957) *Cold Spring Harbor Symp. quant. Biol.* 21, 233.

[7] KLEINSCHMIDT A. K., LANG D., JACHERTS D. and ZAHN R. K. (1962) *Biochim. biophys. Acta* 61, 857.

[8] GALL J. G. (1963) *Science, N. Y.* 139, 120; GALL J. G. (1966) *Chromosoma* 20, 221; DUPRAW E. J. (1965) *Proc. natn. Acad. Sci. U.S.A.* 53, 161; WOLFE S. E. (1965) *J. Ultrastruct. Res.* 12, 104.

[9] WOLFE S. L. and HEWITT G. M. (1966) *J. Cell Biol.* 31, 31.

[10] MILLER O. L. (1964) *J. Cell Biol.* 23, 60A.

[11] PARDON J. F., WILKINS M. H. F. and RICHARDS B. M. (1967) *Nature, Lond.* 215, 508.

[12] TAYLOR J. H., WOODS P. S. and HUGHES W. L. (1957) *Proc. natn. Acad. Sci. U.S.A.* 43, 122.

[13] TAYLOR J. H. (1958) *Genetics* 43, 515.

[14] TAYLOR J. H. (1959) *Proc. X. Int. Congr. Genet.* 1, 63.

[15] HERRERos B. and GIANNELLI F. (1967) *Nature, Lond.* 216, 286.

[16] PEACOCK W. J. (1963) *Proc. natn. Acad. Sci. U.S.A.* 49, 793.

[17] CALLAN H. G. (1967) *J. Cell Sci.* 2, 1.

[18] WHITEHOUSE H. L. K. (1967) *J. Cell Sci.* 2, 9.

[19] EVANS H. J. and SAVAGE J. R. K. (1963) *J. Cell Biol.* 18, 525; WOLFF S. and LUIPPOLD H. E. (1964) *Exper. Cell Res.* 34, 548.

[20] BERG C. M. and CURTISS R. (1967) *Genetics* 56, 503.

[21] EVANS H. J. (1966) in *Genetical Aspects of Radiosensitivity: Mechanisms of Repair*, Int. Atomic Energy Agency, Vienna, p. 31.

[22] HOWARD-FLANDERS P. and BOYCE, R. P. ((1966) *Radiation Res.*, Suppl. 6, 156.

[23] SWANSON C. P. (1947) *Proc. natn. Acad. Sci. U. S. A.* 33, 229.

[24] CALLAN H. G. (1963) *Int. Rev. Cytol.* 15, 1.

[25] HENDERSON S. A. (1964) *Chromosoma* 15, 345.

[26] ÖSTERGREN G. and WAKONIG, T. (1954) *Botan. Notiser* 107, 357; KIHLMAN B. A. and HARTLEY B. (1967) *Hereditas* 57, 289.

[27] WILSON G. B. SPARROW A. H. and POND V. (1959) *Am. J. Bot.* 46, 309.

[28] THOMAS C. A. (1956) *J. Am. chem. Soc.* 78, 1861.

[29] GALL J. G. (1963) *Nature, Lond.* 198, 36.

[30] MIRSKY A. E. and RIS H. (1951) *J. gen. Physiol.* 34, 451; VENDRELY R. (1965) in *The Nucleic Acids* (E. Chargaff and J. N. Davidson, eds.) 2, 155; MCLEISH J. and SUNDERLAND N. (1961) *Exper. Cell Res.* 24, 527; FINCHAM J. R. S. and DAY P. R. (1965) *Fungal Genetics*, 2nd ed., Oxford, Blackwell, p. 171; ROTHFELS K., SEXSMITH E., HEIMBURGER M and KRAUSE M. O. (1966) *Chromosoma* 20, 54.

[31] VIALLI M. (1957) *Exper. Cell Res.*, Suppl. 4, 284; REES H., CAMERON F. M., HAZARIKA M. H. and JONES G. H. (1966) *Nature, Lond.* 211, 828.

[32] MARTIN P. G. and SHANKS, R. (1966) *Nature, Lond.* 211, 650.

[33] KEYL H. G. (1965) *Chromosoma* 17, 139.

[34] BEERMANN W. and PELLING, C. (1965) *Chromosoma* 16, 1.

[35] KEYL H. G. and PELLING, C. (1963) *Chromosoma* 14, 347.

[36] CALLAN H. G. and LLOYD L. (1960) *Phil. Trans. R. Soc.* B 243, 135.

[37] SUEOKA N., CHIANG K. S. and KATES J. R. (1967) *J. molec. Biol.* 25, 47.

[38] ROSSEN J. M. and WESTERGAARD, M. (1966) *C. r. lab. Carlsberg* 35, 233.

LES PARASITES ET LEUR MÉTABOLISME[1]

Les milieux dans lesquels vivent les parasites sont différents des milieux dans lesquels vivent les membres indépendants d'espèces voisines, surtout en ce qui concerne les paramètres qui ont le plus d'influence sur le métabolisme comme la température ou la pression d'oxygène. La prédominance des fermentations aérobies et anaérobies est l'un des caractères les plus marquants de la biochimie des endoparasites. Un corollaire important de cela est que l'on trouve fréquemment chez la plupart des parasites un métabolisme à base d'hydrates de carbone. La grande variété des produits de déjection indique l'absence relative de filières digestives. On sait peu de choses sur la composition des lipides et le métabolisme de ces lipides chez les parasites. Il semble que les parasites anaérobies, tels que le ténia, aient perdu leur aptitude à digérer les acides gras, mais qu'ils peuvent encore les absorber et les altérer, par exemple en allongeant les chaines de carbone. On constate également l'absence de filières biochimiques pour les substances azotées. Les larves et les formes intermédiaires de certaines espèces ont un système fonctionnel cytochrome que n'ont pas les membres adultes. Le métabolisme du parasite se caractérise, en général, par son incapacité à produire des enzymes. D'un autre côté, les parasites ont d'importantes facultés de synthèse ainsi qu'on peut le voir par la croissance rapide de nombreuses espèces, ou par la genèse d'énormes quantités de cellules reproductrices.

La physiologie comparée est une branche relativement récente de la zoologie. Ce développement tardif est compréhensible car un travail sérieux en physiologie doit être basé sur la connaissance préalable des relations taxonomiques, sur la connaissance de l'anatomie et de l'histologie, ainsi que sur d'autres aspects biologiques. Ceci est très clair en ce qui concerne les parasites. On sait, par exemple, qu'autrefois un seul et même ver était classé au sein d'espèces différentes suivant qu'il se présentait à différents stades de son développement; par exemple le *Cysticercus* et le *Ténia*. Il ne faut donc pas s'étonner de la lenteur de l'étude de la physiologie des parasites bien que l'on en ait parcouru, en hésitant, les premières étapes il y a plus d'un siècle.

Je ne peux mentionner ici que de rares exemples des études qui ont été menées autrefois, bien que j'ai souvent regretté que de nombreuses oeuvres de pionniers soient oubliées et restent enterrées sur une étagère entre des livres moisis. Une des plus anciennes découvertes est celle du grand physiologiste français Claude Bernard [1], qui décrivit en 1859 l'apparition de glucides dans un ténia, peu de temps après qu'il eut identifié les polysaccharoses chez le cobaye vertébré. Une autre étude de pionnier fut celle de Luecke qui décrivit en 1860 la composition chimique des membranes vésiculaires de l'*Echinococcus* [2]. En 1850, Heintz [3] découvrit de l'acide succinique dans le fluide hydatique, découverte dont les conséquences en ce qui concerne le métabolisme du ténia n'ont été élucidées que récemment. Les plus grands progrès ont été ensuite accomplis par Bunge [4] en 1883 et 1889 alors qu'il travaillait en Suisse.

[1] Il n'a pas été possible, dans le présent exposé, de restituer à chaque auteur toutes les observations que nous avons mentionnées. Des bibliographies complètes accompagnées de nombreuses données supplémentaires peuvent être trouvées dans les livres suivants.

ROGERS W. P. (1962). - *The nature of parasitism.* Academic Press, New-York et Londres.

VON BRAND T. (1946). - *Anaerobiosis in invertebrates.* Biodynamica Monograph N° 4, Normandy, Missouri, USA.

VON BRAND T. (1966). - *Biochemistry of parasites.* Academic Press, New-York et Londres.

Naturellement, dans les pages suivantes, nous citons spécialement tous les articles qui ont un intérêt historique ou une signification spéciale pour notre étude.

Il montra que le ver intestinal *Ascaris Lumbricoides* vivait très bien en état anaérobie et que son métabolisme produisait des acides organiques. Cependant, on peut attribuer à l'allemand Ernst Weinland la véritable définition de la physiologie des parasites, que l'on peut nommer plus exactement biochimie. J'ai eu le privilège de faire mes premières armes dans son laboratoire en 1923. Weinland a publié en 1901 un article intitulé « Ueber Kohlenhydratzersetzung ohne Sauerstoffaufnahme bei *Ascaris*, ein tierischer Gaerungsprozess » [5] et qui, devenu classique, peut être considéré comme la pierre angulaire de tout ce qui s'est fait ensuite dans l'étude de la physiologie des vers parasites.

Il n'est pas surprenant qu'à côté des nombreuses informations recueillies sur la composition et le métabolisme des vers parasites, les données concernant les protozoaires parasites soient rares et incertaines. Cela est dû, pour la plus grande part, au fait qu'il est généralement difficile d'isoler une quantité suffisamment grande de protozoaires parasites. Par conséquent, il n'a été possible que très récemment de pratiquer des études intéressantes grâce aux développements des techniques modernes de microanalyse. Dans ce domaine, il ne faudrait pas non plus oublier l'intérêt que présentent quelques travaux anciens. Il faut mentionner la description et l'analyse des granules de polysaccharose provenant de grégarines par Buetschli [6] en 1885, les études menées indépendamment, en parallèle, par Maupas [7] en 1886, ou les études de Panzer [8] en 1911 et 1913 sur la composition chimique d'un coccidium de nageoire de poisson.

Si nous examinons le domaine des arthropodes endoparasitaires, nous constatons qu'ils ont été négligés par le passé et nous regrettons qu'ils le soient encore, bien que ce groupe présente une abondance de matériaux qui est potentiellement du plus haut intérêt. Parmi les études les plus anciennes, il faut mentionner le travail de Smith [9] en 1911 et 1913 sur les relations physiologiques entre la *Sacculina* et le crabe qu'elle parasite. Dans le passé, l'un des arthropodes endoparasitaires les plus faciles à obtenir était la larve de *Gastrophilus*. Mais, depuis la quasi disparition du cheval et son remplacement par son homologue mécanique, le cheval-vapeur, il est devenu plus difficile de s'en procurer. Schwab [10] déjà en 1858, montra que cet organisme pouvait résister au manque d'oxygène pendant une certaine période et l'on sait depuis longtemps que l'hémoglobine y est contenue dans les cellules d'un organe surnommé organe rouge (Prenant [11] 1900, Vaney [12] 1902). Dans l'article fondamental de Kemnitz [13] 1916, on peut trouver la preuve que la larve de *Gastrophilus* vit surtout en état anaérobie.

Autrefois, la biochimie des parasites ne soulevait pas beaucoup d'intérêt parmi les parasitologues et encore moins parmi les biochimistes. Il n'est pas difficile de trouver des raisons à ce manque d'intérêt. Les parasitologues de la vieille école avaient soit reçu un enseignement médical, soit étudié la morphologie zoologique et ils ne pouvaient donc pas faire un travail de biochimie ni même l'apprécier. D'un autre côté, les biochimistes ne connaissaient pas suffisamment de biologie fondamentale classique pour pouvoir apprécier l'énorme abondance des matériaux d'expérience qui se trouvent parmi les diverses familles de parasites. Fort heureusement, les temps et les conceptions ont changé. Au cours de la seconde guerre mondiale, des millions d'hommes furent exposés à des maladies parasitaires telles que la paludisme, la schistosomiase et la filariose. De plus, on s'aperçut que la majorité des médicaments

antiparasitaires avaient une activité chimiothérapeutique qui s'exerçait sur certaines séquences vitales du métabolisme des parasites. Tout ceci contribua à augmenter le volume de la documentation concernant les aspects fondamentaux de la parasitologie et leurs relations avec les problèmes pratiques tels que la chimiothérapie ou l'éradication des porteurs de parasites. La guerre a marqué un tournant et, depuis ce temps, une grande quantité d'articles intéressants ont été publiés sans que l'on puisse prévoir où s'arrêtera la croissance logarithmique de cet intérêt.

Quelques caractéristiques générales des parasites. — Les parasites se rencontrent partout. Il n'existe probablement aucune espèce de plantes ou d'animaux qui ne soit porteuse de l'une ou de l'autre des espèces de parasites qui peuvent se loger indifféremment sur tous leurs tissus ou leurs organes. Naturellement, le parasitisme est un mode de vie très ancien. Bien que la plupart des familles de parasites ne soient pas adaptées à la fossilisation, on a tout de même découvert quelques parasites fossiles. Des gastropodes ectoparasitiques et également le *Myzostomida* ont été observés sur des crinoïdes datant des époques dévonienne et silurienne: ils datent donc d'au moins 350 millions d'années. L'ancienneté du parasitisme est un indice qui nous aide à comprendre les nombreuses adaptations morphologiques bien connues que présentent les parasites, par exemple, la réduction souvent observée de certains organes sensitifs, le développement de certains organes préhenseurs, l'augmentation de la capacité de reproduction et de nombreux autres.

Selon les circonstances, les adaptations physiologiques sont moins facilement comprises. Par exemple, il est difficile d'imaginer la transition abrupte qui se produit d'un type de vie purement aérobie à un type de vie purement anaérobie. Une telle transition serait apparue dans un habitat sans oxygène tel que l'intestin des grands vertébrés. Il est évident que les parasites deviennent des parasites intestinaux seulement s'ils ont acquis antérieurement la capacité de vivre dans ces conditions. On ne sait pas exactement comment s'est fait cette préadaptation. On a avancé diverses hypothèses, mais la nature du problème a empêché, jusqu'à présent, une vérification expérimentale. Certains pensent que les ancêtres des vers intestinaux vivaient dans une boue pauvre en oxygène, d'autres supposent que l'adaptation aux sévères conditions de l'intestin s'est faite graduellement par une invasion successive des différents tissus des animaux parasités ou de différentes espèces d'animales. Actuellement, il est bien établi que la plupart des invertébrés indépendants peuvent rester un certain temps sans oxygène. La grande majorité de ces organismes survivent certainement par une mise au repos qui réduit leurs besoins en énergie. Ils ne peuvent assumer toutes les fonctions qui sont propres aux espèces vivant en permanence en état anaérobie; par exemple, ils ne peuvent pas s'alimenter ni se reproduire. Il faut rappeler que certains invertébrés indépendants sont anaérobies au sens strict du terme. Un cas bien connu est celui des protozaires sapropéliques.

Le développement de l'endoparasitisme apparaît comme une énigme quand on l'examine sous l'angle de la physiologie. Les difficultés pour comprendre ce phénomène ne se limitent pas à celles qui sont liées à la mise en état anaérobie d'un organisme mais aussi aux autres particularités du nouvel habitat du parasite. On peut se demander « comment un organisme indépendant peut

devenir résistant aux enzymes de l'appareil digestif de son hôte ou comment il peut s'adapter au bas pH de l'estomac, ou à la concentration osmotique élevée qui règne dans la plupart des habitats de parasites »? Ces questions restées sans réponses sont, bien entendu, différentes de celles qui ont trait à l'influence que peuvent avoir les facteurs évoqués ci-dessus sur les parasites ordinaires qui, eux, sont bien adaptés à leurs habitats. Nous allons examiner rapidement certains de ces problèmes.

Influence des facteurs d'environnement. — Nous examinerons d'abord l'influence sur la respiration de la tension d'oxygène. On sait depuis de nombreuses années que les invertébrés indépendants peuvent se diviser en deux groupes selon leurs réactions aux variations de la tension d'oxygène, bien que l'on ne puisse pas tracer de frontière précise entre ces deux groupes. Le premier groupe se caractérise par une respiration qui est relativement indépendante de la tension d'oxygène pour une variation étendue de cette dernière, ou, en d'autre termes, l'activité respiratoire ne commence à décliner que pour une tension critique d'oxygène qui est faible. Pour le deuxième groupe, la tension critique est assez élevée et même souvent supérieure aux 160 mm de mercure de la pression atmosphérique. Par conséquent, dans ce groupe, les taux d'activité respiratoire varient selon une large gamme de tensions et le taux maximal n'est souvent atteint que par un dépassement de la pression atmosphérique. Les animaux du premier groupe possèdent une organisation qui assure le passage rapide et la distribution efficace de l'air dans les tissus somatiques (par exemple: taille réduite, présence de poumons, de branchies, de trachées, ou de pigments respiratoires). Certains parasites, surtout parmi les plus petits, appartiennent à ce groupe: le *Trypanosoma cruzi* sous forme de culture ou la larve du *Trichinella spiralis*. Les membres les plus connus du deuxième groupe se trouvent parmi les animaux plus gros dépourvus de système circulatoire tels que les actinies indépendantes et certains parasites tels que l'*Ascaris* ou le ténia. On rencontre, parmi les vers parasites, les mêmes formes petites et délicates qui illustrent cette relation, ainsi qu'on peut le voir chez les schistosomes. Selon l'explication désormais classique de Krogh [14] 1916, les couches externes du tissu de ces parasites absorbent l'oxygène diffusé à partir de la surface, cependant que les couches internes subsistent surtout en vertu de processus anaérobies. Dans le cas d'une diminution de la tension externe d'oxygène, une couche plus épaisse de tissu devrait être privée d'oxygène et l'on devrait enregistrer une chute de la consommation totale d'oxygène. Cette théorie est corroborée par l'observation de tissus hachés d'actinies, où la relation entre la consommation et la tension d'oxygène est considérablement réduite à cause de la diminution du parcours de l'oxygène avant d'atteindre les cellules. Mais nous constatons d'autre part un fait curieux: bien qu'un traitement analogue n'altère pas matériellement le rapport consommation-tension chez des parasites comme l'*Ascaris* et que, comme nous l'avons dit, des vers de petites tailles aient aussi un type de respiration dépendant de la tension bien qu'ils aient un rapport volume/surface favorable à la diffusion. Ceci indique de façon assez évidente que l'explication classique ne s'applique pas à tous les cas. Une autre explication est peut-être que le facteur déterminant n'est pas le passage de l'air dans le corps lui-même; c'est-à-dire que le facteur de limitation n'est pas la diffusion mais plutôt la réponse d'une ou

plusieurs réactions d'enzymes aux variations de la tension d'oxygène (Von Brand et Mehlman [15] 1953). Fort appui pour cette théorie est l'observation selon laquelle la succinoxydase de l'*Ascaris* agit de façon plus efficace aux tensions élevées d'oxygène plutôt qu'aux basses tensions (Kmetec et Bueding [16] 1961).

Quelque soit la nature du mécanisme qui lie la consommation d'oxygène à sa tension, son existence a des conséquences certaines pour la biologie de nombreux parasites, spécialement pour ceux qui vivent dans un milieu où l'oxygène est rare. Avant de les étudier, il nous faut aborder rapidement le problème des tensions d'oxygène qui règnent dans les milieux parasités. Les parasites du sang et des tissus, aussi bien que ceux qui vivent dans diverses cavités du corps, seront toujours en contact avec de l'oxygène. Cette quantité d'oxygène peut s'approcher de celle qui est présente dans le tissu de l'hôte sans que cela soit obligatoire. On sait que l'inflammation d'un tissu modifie la tension d'oxygène. Il semble évident que de nombreux parasites situés dans les tissus peuvent, et doivent, utiliser l'oxygène *in vivo*, leur existence dépendant, peut-être, de la présence de cet oxygène. Un cas bien établi est celui du ver *Litomosoides carinii*, parasite des rongeurs; il y en a un autre qui est celui de la larve *d'Eustrongylides ignotus*, parasite des poissons. Cependant, il faut souligner que la nécessité d'un approvisionnement continu d'oxygène n'implique pas que le métabolisme de ces parasites soit uniquement oxydant. Au contraire, bien qu'il consomment de l'oxygène, ils n'oxydent pas complètement les substrats métaboliques mais continuent d'utiliser les fermentations aérobies; c'est-à-dire des oxydations incomplètes. Exactement comme dans le cas des tumeurs malignes, les raisons de la prédominance des fermentations aérobies sont obscures alors que les mécanismes mis en jeu sont plus clairs.

Il existe de rares habitats parasitaires qui sont vraiment anaérobies: le contenu du lumen des grands ruminants et, plus curieusement l'intestin des termites et l'intestin du gardon *Cryptocercus*. Les protozoaires hautement adaptés de ces habitats sont rapidement détruits par l'oxygène même si ce dernier est présent sous une faible tension. Il faut donc obligatoirement les considérer comme essentiellement anaérobies. Il est intéressant de remarquer que les parasites de l'intestin du *Cryptocercus* ajustent le niveau de leur anaérobiose en produisant dans leur milieu de la glutathione réduite sans que l'on sache si cela est dû aux protozoaires, aux bactéries, ou aux deux.

Le domicile de la plupart des parasites les mieux connus (vers et protozoaires) est l'intestin des vertébrés. Leur lumen est assez pauvre en oxygène mais ce n'est pas un habitat purement anaérobie. Dans la réalité, l'oxygène se diffuse dans le lumen à partir des capillaires de la paroi intestinale. Cependant, l'oxygène qui pénètre dans le lumen est rapidement utilisé et il existe un gradient assez réduit d'oxygène proche de la paroi. Par conséquent, il est évident que les parasites qui vivent le long de la paroi disposeront de quantités d'oxygène supérieures à celles dont disposent les parasites qui vivent dans le lumen proprement dit. L'*Ascaris* est l'un de ces derniers. Puisque sa consommation en oxygène dépend de la tension de l'oxygène et puisque cette dernière est, dans l'intestin, très inférieure à la pression atmosphérique, il ne peut parvenir qu'à absorber une petite fraction de sa consommation d'oxygène maximale. On peut supposer avec vraisemblance que l'*Ascaris* et d'autres grands vers intestinaux, comme les nombreux ténias, vivent surtout en état anaérobie *in vivo*. Il faut cependant admettre qu'aucune généralisation n'est possible. Les

petits vers vivant dans le même habitat que l'*Ascaris* peuvent consommer relativement plus d'oxygène à cause de leur rapport surface-volume plus favorable et l'on a pu observer expérimentalement qu'ils toléraient une anaérobiose induite totale moins bien que les grands vers. On peut supposer que la fraction oxydante de leur métabolisme leur est essentielle. Une observation qui concorde avec cette supposition se rapporte à de petits nématodes tels que le *Nematoridus* spp. ou l'*Haemonchus contortus*, dont le taux d'activité respiratoire atteint, avec la tension d'oxygène de leur habitat normal, environ une moitié à un quart du taux maximal. Savoir si les vers intestinaux mènent une vie de type aérobie ou anaérobie est une vieille controverse qui perd alors toute signification. Des vers qui vivent côte à côte au sein du même habitat peuvent avoir, selon leurs tailles respectives, des besoins en oxygène très différents.

La température est un facteur important qui influence l'état métabolique des parasites. Certains parasites, tels que la *Trichinella spiralis* sont exposés, au cours du cycle entier de leur existence, aux températures élevées et uniformes qui prévalent chez leurs hôtes à sang chaud ; d'autres sont exposés à des températures plus variées qui sont caractéristiques des animaux à sang froid. D'autres, encore, alternent entre les animaux à sang chaud et à sang froid et, dans de nombreux cas, passent une partie du cycle de leur existence dans le monde extérieur. Ce sont probablement ces parasites qui subissent les plus grandes variations de température dans leur milieu, par opposition aux parasites que nous venons de citer, et par opposition aux invertébrés indépendants. Des études récentes (Vernberg et Hunter [17] 1961 et Vernberg et Vernberg [18] 1965), d'un grand intérêt, ont montré que la température qui règne chez l'hôte final est reflétée non seulement par la tolérance à la température des trématodes adultes, tolérance qui décroit progressivement lorsque l'on compare les parasites de l'oiseau, de la tortue de mer et du poisson. Cette tolérance se reflète déjà, dans une certaine mesure, chez la larve, bien que cette dernière vive chez un hôte intermédiaire qui est un gastropode.

En général, comme chez l'invertébré indépendant, le taux métabolique du parasite augmente quand s'élève la température et décroît en principe très brusquement si cette dernière atteint un niveau critique. Cependant, dans les rangées de températures tolérées, cette variation du taux métabolique n'épouse pas la variation de la température. Lorsque l'on exprime la relation entre le métabolisme et la température à l'aide de l'équation très employée d'Arrhenius, on obtient rarement une ligne droite mais, dans la plupart des cas, une ligne brisée formée de deux ou plusieurs segments. La signification de ces ruptures de continuité n'est pas apparente. On a supposé que l'une ou l'autre des séquences métaboliques étaient prédominantes à diverses températures. Il est tentant de formuler la même hypothèse en ce qui concerne les parasites, surtout dans les cas où cette rupture de continuité apparaît à des températures voisinant celles qui différencient les animaux à sang chaud des animaux à sang froid. Cependant, l'absence de réponse complète à cette question justifierait un complément d'étude.

La tension de l'oxygène et la température sont deux facteurs, et non des moindres, parmi tous ceux qui influencent, dans leur milieu, le niveau du métabolisme des parasites. On peut mentionner, entre autres facteurs, la concentration en ions hydrogène, la concentration osmotique et le type d'ions inorganiques présents dans le milieu ou la quantité de nourriture disponible

dans ce milieu. Nous n'avons pas la place de les examiner ici. Mais nous mentionnerons maintenant, rapidement, quelques facteurs propres aux parasites eux-même et qui concernent notre sujet.

INFLUENCE DES FACTEURS INTERNES. — Il faut d'abord parler de l'âge du parasite. Dans le cas de protozoaires tels que le *Trichomonas foetus*, le *Trichomonasv aginalis*, le *Leishmania donovani* ou le *Trypanosoma cruzi*, on observe dans les cultures jeunes un taux métabolique plus élevé que dans les cultures plus vieilles.

Il est moins facile de démontrer de façon convaincante l'influence de la mobilité sur le taux métabolique. Il est possible que l'observation d'un consommation triple d'oxygène chez les larves d'*Ascaris* écloses, par rapport aux non écloses, soit due à la mobilité des premières. En général, il semble, cependant, que la quantité d'oxygène nécessaire à la mobilité diminue avec la taille: par exemple, dans le cas des protozoaires, le métabolisme au repos est du même niveau que le métabolisme observé au cours de la mobilité. Par rapport à la taille, la même relation générale existe de la même façon que chez les animaux indépendants. Le taux d'activité respiratoire diminue en fonction de la taille de l'organisme lorsqu'il est calculé par unité de poids, mais la divergence entre les petits et les grands parasites se réduit si le taux métabolique est calculé par unité de surface. Cependant, le taux d'activité n'est pas rigoureusement proportionnel à la surface. La méthode fréquemment utilisée pour l'étude de la relation entre la taille et le métabolisme consiste à utiliser des tracés allométriques dans lesquels on porte le poids par spécimen en fonction du taux métabolique sur une échelle logarithmique double, la pente de la courbe indique la puissance à laquelle le poids du corps doit être porté pour indiquer sa relation avec le taux métabolique. Le cas le mieux connu est celui du *Taenia taeniaeformis* à l'état larvaire et à l'état adulte (von Brand et Alling [19] 1962). Il fut découvert que leurs consommations en oxygène et leurs productions en dioxyde de carbone en état anaérobie étaient proportionnelles aux puissances des valeurs du poids du corps intermédiaires entre celles correspondant au poids (1,0) et à la surface (0,67). Il est assez intéressant de remarquer que les valeurs obtenues pour ces ténias approchèrent, pour trois des quatre conditions, la pente générale (0,75) calculée pour les animaux indépendants poïkilothermiques (Hemmingsen [20] 1960). Ceci est assez surprenant car on peut considérer les ténias comme de grand cylindres aplatis dont la surface est grossièrement proportionnelle au poids. On ne connaît pas très bien les raisons de cette relation; on les a surtout cherchées pour les animaux à sang chaud et on les a souvent reliées aux échanges thermiques entre l'animal et son milieu, explications qui ne sont évidement pas valables pour les animaux à sang froid comme les parasites. Zeuthen [21] en 1953, a supposé que cette relation était l'indice d'une croissance différentielle de facteurs gouvernant l'activité métabolique (par exemple, la somme des enzymes, les métabolites ou des facteurs possibles d'inhibition) et de la totalité du protoplasme. Cependant, il faut admettre qu'une explication applicable à tous les cas n'a pas encore été proposée.

ASPECTS GÉNÉRAUX DU MÉTABOLISME. — Le fait que, pratiquement, tous les protozoaires endoparasitaires et tous les vers étudiés jusqu'à présent

soient caractérisés par une utilisation du substrat de type fermentatif est une notion importante pour apprécier les particularités du métabolisme des parasites. Comme nous l'avons dit, on rencontre des fermentations aérobies chez les parasites qui vivent en présence d'oxygène et des fermentations anaérobies chez les parasites qui vivent au voisinage, ou au sein, d'habitats anaérobies. L'apparition universelle de fermentations présente plusieurs conséquences qui sont d'un grand intérêt pour notre présente étude.

Les fermentations consistent essentiellement en réactions d'oxydation-réduction ou, en d'autres termes, en transfert d'électrons sans participation de molécules d'oxygène. Dans le cas d'un type unique de composé à base de carbone servant de substrat primaire, de telles réactions demandent la présence de groupes qui ne sont ni complètement oxydés ni complètement réduits. Evidemment, les nombreux groupes hydroxyles, qui sont caractéristiques des hydrates de carbone, sont adaptés de façon idéale à de telles réactions, alors que les atomes de carbone totalement réduits ou ceux des groupes carboxyles des acides gras qui, eux, sont presque totalement oxydés ne le sont pas. C'est probablement la raison pour laquelle la grande majorité, sinon la totalité, des endoparasites utilisent aisément les hydrates de carbone pour leur besoins en énergie. Les cas bien connus de l'utilisation de lipides sont limités, à quelques exceptions près, à certains parasites tels que les ankylostomes et autres nématodes lorsqu'ils vivent en état d'indépendance au cours du cycle de leur existence.

Une autre conséquence importante de la prééminence des fermentations est que les taux de consommation en hydrates de carbone sont généralement élevés car l'énergie produite par les fermentations est inférieure à celle produite par l'oxydation totale. Nous pouvons donner quelques exemples: les formes sanguines du trypanosome africain pathogène consomment en une heure une quantité de glucose correspondant à 50 à 100% de leur poids sec; le nématode *Angiostrongylus cantonensis* consomme en 24 heures une quantité de glucose qui correspond à 52 à 72% du poids de son tissu vivant et l'on observe la même proportion dans le cas du trématode *Schistosoma mansoni* et pour de nombreux autres vers de petites tailles. Les vers de grande taille, même quand ils vivent de préférence en état anaérobie, présentent généralement des taux inférieurs. Ainsi, l'*Ascaris lumbricoides* dégrade en 24 heures une quantité de glycogène qui représente environ 1,3% de son poids vivant. Ce taux inférieur est dû au fait dont nous avons déjà parlé selon lequel le taux du métabolisme de grands organismes est inférieur à celui des petits organismes, si on le calcule par unité de poids. Les différences entre les énergies produites par divers types de fermentations peuvent être un facteur supplémentaire, bien que l'on manque d'informations précises se rapportant aux parasites.

Il n'est pas surprenant que la prépondérance du métabolisme à base d'hydrates de carbone entraîne pour de nombreux parasites la nécessité de disposer d'une source exogénique d'hydrates de carbone, soit pour une utilisation directe dans les réactions cataboliques, soit pour la synthèse d'un hydrate de carbone de réserve, en général du glycogène. On trouve les exemples les plus caractéristiques de cet état de chose chez les formes sanguines des trypanosomes africains pathogènes tels que le *Trypanosoma gambiense* ou le *Trypanosoma rhodesiense.* Ils meurent en quelques minutes lorsqu'on les garde *in vitro* sans hydrate de carbone assimilable et l'on a découvert que, seuls, de rares composés, comme le glycérol, pouvaient efficacement remplacer le glucose qui est leur substrat normal. Il est évident que ces flagelles survivent dans la

nature en utilisant le sucre contenu dans le sang de leur hôte. On peut citer ici le cas du ténia parmi les parasites multicellulaires qui dépendent largement pour leur subsistance de la quantité d'hydrates de carbone absorbés par leur hôte. Il est assez curieux qu'en dépit de leurs besoins en hydrates de carbone, la plupart des cestodes se limitent au glucose et au galactose (Read et Rothman [22] 1958). On utilise, là aussi, le glycérol *in vitro* mais l'on ne sait pas s'il peut remplacer les hydrates de carbone alimentaires au cours de la croissance *in vivo*.

Les parasites du sang, comme les trypanosomes ou parasites de la malaria, les schistosomes, ont des lieux d'existence qui leur apportent un approvisionnement constant en hydrates de carbone. Ainsi, ils n'ont pas tellement besoin de former de grandes réserves d'hydrates de carbone sous formes de polysaccharoses. Au contraire, les vers intestinaux n'ont qu'un approvisionnement intermittent de nourriture. La plupart des vers contiennent de grandes quantités de glycogène qui peuvent atteindre plus de 50% de leur poids sec (*Ascaris*, ténias). Evidemment, de telles réserves permettent aux vers de supporter des périodes de disette, dues à la sous-alimentation de leur hôte, qui tarissent la source exogène d'hydrates de carbone. Les ankylostomes, d'un autre côté, montrent une teneur en glycogène relativement basse, mais ils ne constituent qu'une exception apparente à la règle énoncée ci-dessus. Bien qu'ils résident dans le lumen intestinal, ils vivent en suçant le sang de leur hôte ce qui les rend plus proches des parasites des tissus que des parasites intestinaux.

On pose souvent la question de savoir si l'absorption des hydrates de carbone par les parasites, de même que la quantité de nourriture qu'ils consomment, sont suffisamment élevés pour mettre en danger la vie de leur hôte. On a supposé que l'influence de ce détournement de nourriture était importante pour l'hôte, mais l'on ne sait pas dans quelle mesure elle est grave. Ainsi, on a avancé que les formes sanguines du trypanosome africain pathogène consommaient plus de sucre que le foie de leur hôte pouvait en maintenir dans le sang et qu'il était possible que le fonctionnement du foie en soit tellement perturbé que cela provoque la mort de l'animal. Il est vrai qu'au cours des périodes ultimes de la trypanosomiase on note une teneur anormalement basse en sucre dans le sang. Cependant, ceci ne peut être dû à une totale élimination des réserves d'hydrates de carbone car on observe qu'après l'élimination thérapeutique des trypanosomes le niveau en hydrates de carbone redevient normal, même si l'on soumet l'hôte à un état de famine. Il est plus vraisemblable que le dommage causé à l'hôte est produit par des substances physiologiquement actives, que l'on peut nommer toxines. Il faut également remarquer que le rapport entre le poids des parasites et le poids de l'hôte est tel, dans la majorité des cas, qu'il ne conduit pas à un état de famine même si la consommation en nourriture est très élevée. Une autre constatation importante est que les sous-produits du métabolisme des parasites sont des composés incomplètement oxydés qui contiennent encore une quantité importante de calories par rapport à l'aliment original. On a pu prouver que le sous-produit de la fermentation du trypanosome, l'acide pyruvique, est déjà utilisé dans les tissus de l'hôte et la nature d'autres sous-produits de fermentations parasitaires indique que l'on retrouve la même situation dans d'autres cas. Ceci montre clairement que l'hôte perd seulement ces quelques calories qui permettent de différencier le substrat voisin des sous-produits d'une quelconque réaction de fermentation. Il semble invraisemblable que la privation d'hydrate de carbone, de lipides ou

de protéines soit suffisamment sévère pour entraîner la mort de l'hôte.

Il y a une autre question entièrement distincte qui est de savoir si les parasites ne consomment pas dans la nourriture de leur hôte certains micro-constituants dont la privation lui serait pathogène. Il existe un cas bien connu qui semble appuyer cette thèse. On a découvert que le *Diphyllobotrium latum* absorbait une quantité assez élevée de vitamine B_{12} pour être la cause d'une anémie pernicieuse chez les porteurs de ce ténia (von Bonsdorff [23] 1956). Des recherches ultérieures révéleront peut-être d'autres cas analogues. D'un autre côté, il est intéressant de remarquer que les déjections et les excrétions de parasites peuvent être avantageuses pour l'hôte. Il est certain que les termites utilisent les sous-produits de la cellulose métabolisée par leurs protozoaires intestinaux et que, naturellement, elles ont besoin de cette nourriture; des termites privés de cette faune meurent de famine, même s'ils continuent de se nourrir voracement. On a découvert, plus récemment, que l'augmentation de croissance de rongeurs était due à un effet semblable à celui de l'insuline, causé par le ténia *Spirometra mansonoides*.

Métabolisme intermédiaire des hydrates de carbone. — Les tissus des vertébrés utilisent les hydrates de carbone sous forme de fermentation avec, comme sous-produit, l'acide lactique alors que les sous-produits des fermentations bactériennes sont de nombreux composés. De ce point de vue, les parasites des animaux constituent une classe intermédiaire entre ces deux extrêmes. Il y a très peu de parasites qui produisent soit exclusivement, soit en quantité notable, de l'acide lactique. On peut citer parmi les protozoaires, le *Plasmodium gallinaceum*, et, parmi les vers, le *Schistosoma mansoni* ou le *Dirofilaria uniformis*. Cependant, chez la plupart des parasites et chez la majorité des protozoaires et des vers étudiés jusqu'à présent, l'acide lactique, d'un point de vue quantitatif, n'est qu'un sous-produit mineur et il peut même être complètement absent. On est au contraire en présence de nombreuses excrétions, en général, acides. Par exemple, les formes sanguines du trypanosome africain ne contiennent pas la deshydrogénase de lactate. En état aérobie, ils cessent de dégrader le sucre au niveau de l'acide pyruvique qu'ils éliminent en grande quantité. En état anaérobie, on observe la formation et la sécrétion de glycérol. Une explication possible de cette séquence métabolique est que le trypanosome est incapable de transformer l'acide pyruvique en acide lactique et qu'il doit donc trouver un autre moyen pour réoxider la nucléotide de diphosphopyridine qui s'est formée au cours de l'oxydation du triose; c'est un mécanisme essentiel pour la glycolyse. Chez les trypanosomes, le glycéraldéhyde phosphate joue le rôle d'accepteur d'hydrogène pour la réoxydation du DPNH. Ainsi, cela conduit au phosphoglycérol dont le glycérol est libéré par l'action d'une phosphatase.

Les sous-produits de l'utilisation des hydrates de carbone par de nombreux nématodes intestinaux ont ceci de remarquable qu'ils sont constitués d'une grande variété d'acides gras volatils et cela indifféremment en état aérobie ou en état anaérobie. La longueur de la chaîne de ces acides varie de C_2 à C_6 et la situation se complique du fait que certaines formes produisent plus d'un isomère des acides C_5 et C_6. L'*Ascaris lumbricoides* forme ainsi trois acides en C_5, le *n* - valérique, le méthylbutyrique, et l'acide cis - α-méthylcrotonique (tiglique), alors que la larve du *Trichinella spiralis* ou le *Trichuris vulpis* adulte

produisent seulement de l'acide n-valérique. Dans le passé, on ne savait pas exactement si les acides volatils étaient produits par les vers eux-mêmes ou par des bactéries de contamination. Ces doutes ont été éclaircis depuis que l'on sait que l'*Ascaris* devient axénique sous l'action d'antibiotiques qui produisent les mêmes acides volatils en grandes quantités (Epps et ses collègues [24] 1950) De plus, les filières de leur formation ont été découvertes récemment. Par exemple, la chaîne de carbone de l'acide méthylbutyrique est produite par une condensation du carbone carboxyl de l'acétate avec le carbone-α du propionate.

L'acide dicarboxylique, acide succinique, est une autre acide souvent élaboré par les parasites. Il est produit par de nombreux protozoaires et par de nombreux vers et, ainsi qu'on peut le voir chez les ténias, il se forme de préférence en anaérobie plutôt qu'en aérobie. La présence ou l'absence d'oxygène dans le milieu n'est pas le seul facteur déterminant car la présence de dioxyde de carbone joue aussi son rôle. La forme sanguine du *Trypanosome congolense* sécréte l'acide succinique en très petites quantités lorsque le dioxyde de carbone est absent, mais en produit de grandes quantités lorsque le dioyde est présent. Evidemment, chez ce flagellé, comme chez la plupart des autres parasites, la formation de l'acide succinique sous-entend la fixation du dioxyde de carbone. Dans ce cas l'acide n'est pas formé par les réactions antérieures du cycle de l'acide tricarboxylique, mais par une inversion des réactions terminales. Il est assez intéressant de noter que chez des organismes tels que la forme cultivée du *Trypanosoma cruzi*, les deux séquences sont actives en même temps (Bowman et Coll. [25] 1963).

Les résultats du catabolisme des hydrates de carbone sont plus souvent des acides que des non-acides. Nous avons déjà dit que les trypanosomes africains produisaient de grandes quantités de glycérol lorsqu'on les maintenait en état anaérobie. D'autres composés sont l'acétoïne (acetyl-methyl-carbinol) sécrétée par des vers tels que le *Litomosoides*, le *Setaria*, l'*Ascaris*, et l'éthanol qui est le sous-produit caractéristique du métabolisme de certains Trypanosomatides tels que le *Crithidia fasciculata* et le *Strigomonas oncopelti*. Chez ce dernier, on obtient probablement une séquence qui ressemble à celle de la levure; c'est-à-dire que l'acide pyruvique est diminué de son carboxyle pour devenir de l'aldéhyde acétique lequel est à son tour transformé en éthanol par deshydrogénase alcoolique.

En plus de tous les sous-produits que nous avons cités jusqu'à présent, la plupart des parasites, sinon la totalité, produisent aussi des gaz. Le plus commun est le dioxyde de carbone (CO_2). Il faut noter que le dioxyde de carbone que l'on peut trouver *in vitro* peut avoir une double origine. Celle-ci peut être purement respiratoire; c'est-à-dire que le dioxyde de carbone peut provenir des atomes de carbone du substrat organique qui ont été métabolisés. D'un autre côté, elle peut être d'origine inorganique c'est-à-dire libérée à partir des bicarbonates présents dans le corps des parasites ou dans leur milieu sous l'action des acides produits par le métabolisme. Par exemple la séquence glucose - acide pyruvique que l'on trouve dans le métabolisme de la forme africaine des trypanosomes pathogènes ne conduit théoriquement à aucun dioxyde de carbone d'origine métabolique, mais de grandes quantités de dioxyde de carbone sortent des expériences avec ces flagellés. Cependant, on trouve aussi de petites quantités de dioxyde de carbone métabolique vrai. Elles doivent venir d'une filière métabolique mineure que l'on ne connaît pas.

Il est évident que pour calculer le quotient réspiratoire, il faut utiliser seulement le dioxyde de carbone métabolique. Les valeurs observées varient largement suivant les espèces de parasites; elles s'étagent de 0,1 et moins à 1,0 et plus. La raison de cette variation anormalement grande est la persistance de fermentations aérobies lesquelles, suivant leur nature, influencent le quotient respiratoire de façon différente et qui n'est pas toujours prévisible. En conséquence, il ne faut pas considérer les quotients respiratoires des parasites comme des indices certains de la nature des substrats métabolisés de la même façon qu'on le fait dans le cas d'animaux qui oxydent complètement leurs aliments. Si, par exemple, un mammifère montre un quotient respiratoire proche de l'unité, il est raisonnable de conclure que son métabolisme est surtout à base d'hydrates de carbone. Au contraire, des organismes « consommateurs de sucre », tels que les formes sanguines du *Trypanosoma gambiense* et des formes similaires, ont un quotient respiratoire dont les valeurs sont inférieures à 0,1.

Le seul autre sous-produit gazeux des parasites en dehors du dioxyde de carbone, est l'hydrogène. Il est sécrété en grandes quantités par les flagellés des termites, les ciliates du rumen et certains trichomonades. Il est très curieux de constater que certaines souches de *Trichomonas vaginalis* donnent de l'hydrogène alors que d'autres n'en donnent pas. Il est évident que l'hydrogène n'apparaît qu'au cours de l'anaérobiose, mais les filières qu'il emprunte n'ont pu encore être découvertes sur aucun des parasites étudiés. On peut noter en marge que la formation d'hydrogène chez les parasites multicellulaires n'a pas encore été observée.

Bien qu'il soit rapide et incomplet, le compte-rendu ci-dessus est suffisant pour appuyer la remarque de Bueding [26] 1962, selon laquelle la variabilité l'emporte sur l'uniformité dans la biochimie du métabolisme des parasites. Il faut espérer que de futures observations permettront de comprendre les mécanismes d'évolution et d'en établir la classification biochimique. Dans cette perspective, on peut noter comme un signe favorable que les divers types de métabolisme observés chez les trypanosomes s'accordent très bien avec la division en groupes opérée sur des bases morphologiques et biologiques.

La variabilité biochimique à laquelle nous faisons allusion ci-dessus, est essentiellement relative aux différentes filières d'utilisation du pyruvate. La formation d'acide pyruvique elle-même est généralement le résultat d'une séquence classique du type Embden-Meyerhof. On l'a constaté à plusieurs reprises chez les parasites. On a pu établir une forte présomption en isolant sur un parasite les enzymes correspondants; une autre preuve a été établie en constatant la présence dans les tissus de parasites de phases intermédiaires phosphorylatées dans la glycolyse et, finalement, du glucose marqué de différentes façons ayant été offerts à des parasites on a pu retrouver des traces de radioactivité dans leurs sous-produits. De telles études ont aidé à élucider les filières de la dégradation des hydrates de carbone. On a pu faire de bonnes observations d'une séquence glycolytique fonctionnelle sur des parasites du paludisme, et sur des scolex d'*Echinococcus granulosus*.

On a moins d'informations certaines concernant les autres filières d'utilisation des hydrates de carbone dans les tissus de vertébrés. L'apparition d'une filière fonctionnelle pentose-phosphate n'est pas évidente. Cependant, il est probable que cette filière existe dans certains organismes tels que la forme cultivée du *Trypanosoma cruzi* et celle de l'*Echinococcus granulosus* alors que

l'on en est moins sur pour l'*Ascaris lumbricoides* et les autres parasites étudiés. Il ne serait pas surprenant que de futures recherches montrent la présence générale de cette séquence, sachant son importance pour les mécanismes de synthèse propres aux parasites.

Le cycle de l'acide tricarboxylique est une autre séquence de la plus haute importance pour les organismes aérobies car l'énergie mise en jeu est plus grande que dans la séquence de la glycolyse. Ses états intermédiaires constituent des substrats de choix pour divers mécanismes de synthèse. Elle est liée à la dégradation des hydrates de carbone et à l'utilisation des lipides et des protéines. Il n'est pas possible d'affirmer que le cycle de l'acide tricarboxylique chez les parasites soit du même type que celui des mammifères. Les données que nous possédons doivent être examinées avec précaution. Ainsi, il serait imprudent de déduire la présence du cycle complet présences de celle de quelques-un de ses enzymes, ou du fait que quelques états intermédiaires seulement pouvaient être utilisés par un parasite donné. Cependant, il serait également imprudent de nier la présence de cette séquence si la recherche de l'un ou de l'autre des enzymes s'est révélée négative ou si les états intermédiaires caractéristiques ne sont pas utilisés. On peut citer des exemples dans lesquels certaines enzymes afférents ont été inactivés pendant l'isolation, ou bien dans lesquels la non-utilisation apparente d'états acides intermédiaires est due à des difficultés inconnues dans la pénétration des substrats ajoutés.

Il est impossible de donner ici tous les détails des preuves que nous possédons. Nous nous bornerons à conclure que certains parasites semblent avoir une séquence de métabolisme intermédiaire du type de Krebs. On en trouve les meilleurs exemples chez les formes cultivées de la plupart des trypanosomes, chez les parasites du paludisme, chez les petits nématodes intestinaux et les larves de vers tels que les scolex de l'*Echinococcus granulosus* ou du *Trichinella spiralis*. D'un autre côté, on peut supposer avec une certaine certitude que ce cycle est absent chez les trypanosomes africains pathogènes et chez certains trichomonades. Enfin, il existe des parasites chez lesquels on a pu démontrer que ce cycle était incomplet: parmi ces parasites figure l'*Ascaris lumbricoides*. Chez ce dernier et chez les espèces voisines, cette séquence garde tout de même son importance car elle est à l'origine de la sécrétion de l'acide succinique.

Il est nécessaire d'aborder ici un point supplémentaire. Les acides qui appartiennent à la séquence tricarboxylique sont souvent sécrétés par les parasites ce qui nécessite des mécanismes auxiliaires sans lesquels le cycle s'arrêterait. La fixation du dioxyde de carbone est l'un de ces mécanismes. Il est évident maintenant que la sécrétion des états intermédiaires du cycle de l'acide tricarboxylique est due à l'activité relative des enzymes qui sont à la base de la production de ces acides, et à l'activité d'enzymes qui transforment ces composés en composés qui leur font suite dans la séquence. On ne sait pas, actuellement, si l'on peut invoquer des déficiences quantitatives d'enzymes, ou s'il existe des mécanismes régulateurs qui contrôlent l'activité de certains enzymes. Certes, il est curieux que l'acide succinique soit souvent excrété en grandes quantités par de nombreux parasites, et cela bien que l'activité de deshydrogénation du succinate des mêmes parasites soit très prononcée lorsqu'on l'étudie avec des homogénates. Ceci peut indiquer que le fonctionnement des mécanismes de contrôle est lié à l'intégrité de l'organisation cellulaire.

Certains enzymes de la séquence de l'acide tricarboxylique, ou glycolytique, ont été partiellement purifiés et étudiés de façon détaillée. On a pu établir qu'un enzyme ayant la même activité catalytique pouvait avoir des propriétés physico-chimique différentes chez différents parasites ou entre le parasite et son hôte. Il ne sera possible de citer ici qu'un nombre restreint d'exemples. L'aldolase du *Trypanosoma cruzi*, et probablement aussi celle des autres trypanosomes, n'est pas activée par les métaux, pas plus que celle de la larve du ténia, le *Taenia crassiceps*. Les pH optimaux des deux enzymes sont différents ainsi que les constantes de Michaelis-Menten. L'aldolase du *Trichomonas vaginalis*, d'autre part, est activée par les sels de fer et de cobalt. Des différences minimes de nature chimique ou physique entre les enzymes de l'hôte et celles du parasite ont été mises en évidence grâce à un procédé ingénieux de sérologie mis au point par Bueding [27] 1954. Il isola chez le lapin la déshydrogénase du lactate et, avec, immunisa un coq. Le sérum de cet animal inhibait ensuite puissamment l'enzyme du mammifère mais n'interférait pas avec la déshydrogénase du lactate des deux espèces de schistosomes.

Il est bien connu que l'apparition de différences chimiques entre les mêmes enzymes de deux organismes différents a de profondes conséquences en ce qui concerne les explications possibles de l'action des substances chimiothérapeutiques. Sur cette base, il devient possible de comprendre pourquoi une substance qui inhibe une séquence vitale chez l'hôte et chez le parasite peut encore être utile en chimiothérapie. Evidemment, en pareils cas, l'enzyme du parasite subit plus l'inhibition que celle de l'hôte. Cependant, on simplifierait à l'extrême en supposant qu'une telle situation existe dans tous les cas, car il y a d'autres possibilités. Par exemple la séquence inhibée peut être d'une importance vitale pour le parasite sans qu'il en soit de même pour l'hôte si, chez ce dernier, existe ou se crée une voie métabolique différente. Une telle situation peut-être courante quand le parasite est un « spécialiste » métabolique. Ainsi, les formes sanguines des trypanosomes africains pathogènes meurent en quelques minutes lorsqu'elles sont privées de sucre, soit par famine, soit que leur séquence glycolytique ait été interrompue par un sel d'arsenic. Au contraire, la cellule de l'hôte ne retire pas exclusivement son énergie du sucre mais peut utiliser des lipides ou des protéines. Une autre possibilité est que le taux d'absorption d'une substance donnée peut être différent chez l'hôte ou chez le parasite. Enfin, il est connu que plusieurs substances deviennent actives lorsqu'elles ont subi des transformations. Par exemple, les sels arsénicaux pentavalents ne tuent les trypanosomes qu'une fois transformés en composés trivalents. Bien que les transformations soient similaires chez l'un et chez l'autre, il n'est pas exclu qu'elles se produisent plus vite chez le parasite que chez l'hôte. De plus, il faut remarquer que les différentes possibilités décrites ci-dessus peuvent exister simultanément, ce qui souligne, s'il en était besoin, la complexité de la situation. Il n'est pas étonnant alors que notre connaissance de l'action des substances thérapeutiques sur les maladies parasitaires soit limitée à un nombre relativement restreint de composés. Il faut espérer que les recherches futures permettront de révéler de nouveaux mécanismes, en plus de ceux que nous connaissons déjà.

Métabolisme des lipides. — La pauvreté des informations concernant le métabolisme des lipides chez les parasites contraste avec l'abondance des

données que nous possédons sur leur métabolisme des hydrates de carbone. On a pu établir que les parasites possédaient les mêmes classes générales de lipides que les animaux indépendants; c'est-à-dire des graisses neutres, des phospholipides, des glycolipides et des stérols. Mais la nature et le sort des divers composés sont imparfaitement connus et cela est dû, en partie, au fait que l'analyse des lipides n'a trouvé des outils modernes que ces toutes dernières années, outils qui sont, entre autres, la chromatographie en couche fine et la chromatographie en phase gazeuse. Nous mentionnerons ici rapidement quelques une des découvertes les plus récentes.

On s'est aperçu de faits curieux en étudiant les stérols des trypanosomatides. On a cru, tout d'abord, qu'ils étaient, soit du cholestérol, soit de l'ergostérol. Les recherches les plus récentes semblent indiquer que la prédominance de l'un des deux composés dépend du type d'organisme étudié et du milieu dans lequel il s'est développé. Il semble probable que le cholestérol prédomine chez la forme sanguine des trypanosomes africains pathogènes et chez la forme cultivée du *Trypanosoma cruzi*, lorsque cette dernière est cultivée sur un milieu contenant du cholestérol. Il semble, en revanche, que l'ergostérol soit le stérol principal dans le cas des flagellés d'autres espèces. Il semble possible que ces parasites ne puissent synthétiser le cholestérol, mais que leur capacité de synthèse de l'ergostérol soit inhibée s'ils ont une possibilité d'absorber du cholestérol à partir de leur milieu. Ce qui tend à confirmer cette thèse est la découverte selon laquelle la forme sanguine du *Trypanosoma rhodesiense* contient surtout du cholestérol, alors que l'ergostérol prédomine chez la forme cultivée.

L'ergostérol est un composé dont on constate la synthèse par des organismes non parasitaires appartenant surtout au règne végétal. On peut alors se demander si la présence de ce composé chez les trypanosomes a une signification phylogénique. Il serait prématuré d'essayer de répondre à cette question mais il existe au moins une autre observation qui semble indiquer une relation entre les trypanosomes et leurs ancètres organiques. C'est la découverte de l'acide α-linoléique chez les formes cultivées du *Leishmania enrietti*, acide que l'on pensait jusqu'à présent uniquement décelable chez les plantes à haute teneur en chlorophylle (Korn et Greenblatt [28] 1963).

Un autre fait curieux est celui relatif aux lipides non saponifiables de nématodes tels que l'*Ascaris lumbricoides* et le *Parascaris equorum*. La fraction afférente contient des stérols et une grande proportion de trois glycosides différentes nommées « ascarosides ». Ces glycosides ont en commun, respectivement, la même moitié d'hydrate de carbone et une autre moitié de différents aglycones qui sont des alcools secondaires mono ou divalents. L'hexose est particulièrement intéressante car c'est un hydrate de carbone qui n'a jamais été observé dans la nature. On a pu l'identifier comme étant la 3,6 - dideoxy - L - mannose et on lui a donné le nom « d'ascarylose » (Fouquey et coll. [29] 1959). Les ascarosides apparaissent dans le muscle et l'épiderme des ascarides femelles, mais on en a également trouvé chez les mâles. Ils atteignent leur plus grande concentration dans les oeufs. Au cours de leur développement dans ces derniers, ils subissent certains changements chimiques et sont utilisés, après la fécondation, pour la formation d'une part importante de la membrane vitelline. La grande résistance bien connue des oeufs de nématodes à de nombreuses influences externes, est probablement due pour une grande

part à l'action protectrice de la membrane de lipide. Ces ascarosides se composent d'environ 77% de lipides.

On ne sait pas exactement ce que signifie la présence d'acides gras forts chez les trématodes et les cestodes. Lorsque l'on traite des coupes histologiques de *Fasciola hepatica* avec des réactifs de lipides, on trouve que l'ensemble du système de sécrétion est rempli de gouttelettes de lipides et l'on a pu démontrer chimiquement et morphologiquement la réalité de la sécrétion de cette « graisse ». On a pu faire des observations analogues sur de nombreuses autres espèces de trématodes et plus récemment sur le *Cyathocotyle bushiensis*, mais ce processus n'a pas été observé pour les douves du foie telles que le *Dicrocoelium dendriticum* ou le *Clonorchis sinensis*. On a pu poser en postulat que le lipide sécrété est un sous-produit de la fermentation qui provient des réserves endogènes de glycogène. Si l'on avait pu supposer que les douves du foie et les ténias se comportaient de la même façon, cette idée doit être remise en question. Ginger et Fairbairn [30] 1966, ont utilisé des traceurs pour constater que rien ne permettait d'affirmer que l'*Hymenolepis diminuta* transformait en acides gras des aliments tels que le glucose, l'amidon ou le glycogène endogène. On doit également se rappeler qu'une sécrétion de lipide comparable à celle de la *Fasciola*, n'a pas été observée chez cette cestode.

On a pu montrer, en revanche, que l'*Hymenolepis* absorbe et assimile des acides gras tels que l'acide palmitique, l'acide stéarique, l'acide oléique, l'acide linoléique, et qu'elle incorpore aisément l'acétate dans les acides gras de toutes les classes principales de lipides. Jacobsen et Fairbairn [31] 1967, ont récemment prouvé que les synthèses nouvelles d'acides gras chez le ver ne se produisent que difficilement, mais qu'il est capable d'allonger les chaînes en y incorporant de l'acétate. Il peut, par exemple, transformer le C_{16} (acide palmitique) en acide saturé C_{24}.

La signification biologique de l'absorption des lipides est plus obscure, car l'*Hymenolepis* ne semble pas capable d'effectuer la catabolyse des lipides sur une grande échelle. D'autre part, elle n'absorbe pas les acides gras à un taux uniforme et ces différences dans les taux d'absorption, accompagnées de la limitation des capacités de synthèses mises en relief par l'incorporation d'acétate, peuvent être suffisamment importantes pour maintenir l'individualité des espèces. Telle est la thèse de Jacobsen et Fairbairn. C'est, peut-être, la raison qui explique pourquoi le mécanisme a été freiné au cours de l'évolution historique du parasite, cependant que la capacité de synthèse des acides gras et aussi, apparemment, la capacité de les dégrader, ont disparu en grande partie.

Atrophie des filières métaboliques. — Au cours de la discussion qui précède nous avons souligné un point qui est l'une des caractéristiques les plus importantes du métabolisme des parasites: l'atrophie de certaines filières métaboliques. Ce fait a été mis en relief il y a de nombreuses années par Lwoff et, depuis ses premières observations, de nombreux autres exemples ont été portés à notre connaissance. Lwoff [32] 1934, a montré que les besoins en hémines des formes inférieures de trypanosomes étaient dus à leur incapacité de réaliser la synthèse de la protohémine nécessaire à leur système cytochrome. Des études récentes ont démontré que de telles disparitions pouvaient parfois

être encore plus prononcées. On a ainsi montré que la respiration de parasites tels que les formes cultivées du *Trypanosoma gambiense* ou celles du *Trypanosoma rhodesiense*, est sensible au cyanure et passe par le système cytochrome, bien que le cytochromec puisse en être absent. En revanche, les formes sanguines sont complètement insensibles au cyanure et ne contiennent pas de cytochromes. De même, les oeufs d'*Ascaris*, et spécialement les oeufs fécondés, contiennent un système cytochrome fonctionnel, mais les sujets adultes n'en possèdent pas bien que l'analyse spectrographique révèle des raies qui pourraient se rapporter aux cytochromes. Chez d'autres parasites, l'atrophie d'un système cytochrome fonctionnel n'a été que partielle; par exemple, chez les schistosomes adultes, ce système est responsable seulement d'une part minime de la respiration. Il est alors tout à fait évident que, dans de tels cas, l'atrophie d'une filière doit s'accompagner du développement d'autres voies de synthèse ainsi qu'on peut le constater par la croissance des systèmes de respiration terminaux. Les raisons qui président à ces changements constituent l'une des grandes énigmes de la biochimie des parasites.

D'autres exemples caractéristiques d'atrophie de filières biochimiques peuvent être donnés à propos de la synthèse des acides nucléiques. On constate des différences considérables entre les trypanosomes. On a pu montrer que le *Strigomonas oncopelti* possède d'importantes capacités de synthèse (Newton [33] 1957). Elle peut absorber le carbone radioactif provenant de substances marquées par des traceurs. Dans le cas de la glycine, la sérine, ou la guanine, le carbone se retrouve dans les purines; dans le cas de substances telles que l'acétate, l'aspartate, le glutamate et l'uracile le carbone se retrouve dans les pyrimidines. D'autres trypanosomes ont des capacités de synthèse plus faibles. Par exemple, la forme cultivée du *Trypanosoma mega* ou la forme sanguine du *Trypanosoma lewisi* ne peuvent absorber les formes premières telles que la glycine ou le formiate sous forme de purines primaires, ou, en d'autres termes, elles ne peuvent pas effectuer la synthèse du noyau purine. De même, le fait que la forme cultivée du *Trypanosoma cruzi* ne puisse transformer le C_{14} - orotate en acide nucléique pyrimidine, indique que cette forme de parasite, au moins, ne peut faire la synthèse de la molécule de pyrimidine.

Il est tout à fait possible que cette atrophie des facultés de synthèse de certains parasites, explique leur incapacité à vivre en dehors de cellules vivantes. On peut trouver les principaux exemples de ces organismes chez les parasites du paludisme ou les formes intracellulaires des coccidia. Les expériences de Trager [34] 1957, ont clairement mis en évidence que l'addition d'ATP et de pyruvate ou l'addition d'ADP et de phosphoenolpyruvate favorise la survie *in vitro* du *Plasmodium lophurae* placé dans un extrait des cellules de son hôte. Il est probable que ce parasite ne possède pas l'un, au moins, des enzymes nécessaires à la synthèse du très important ATP. On ne connaît pas encore la nature exacte de ce défaut d'enzyme: la synthèse de l'acide adénylique n'est peut-être pas possible. Le même parasite a également besoin pour sa survie extracellulaire *in vitro* d'une source externe de CoA. Là encore, on voit apparaître une déficience de la synthèse et l'enzyme absent est peut-être la kinase acide pantothénique.

Alors que les déficiences du métabolismes sont caractéristiques de la plupart des parasites, il ne faut pas interpréter leur apparition comme l'indice d'une absence générale des capacités de synthèse. Naturellement, sous certains rapports, la puissance de synthèse de nombreux parasites, est, au moins

quantitativement, beaucoup plus développée que chez les animaux indépendants. Il faut mentionner ici la rapidité avec laquelle certains parasites croissent et se multiplient. On peut donner un exemple qui concerne les protozoaires: on a constaté que le *Trypanosoma equiperdum* passe de 20 millions à 4000 millions environ en cent heures dans 1 cc de sang de rat alimenté avec du sucre. On peut trouver également parmi les vers des exemples de croissance rapide. On a constaté que le *Diphyllobotrium latum* croît, chez le chien, entre le 15ème et le 30ème jour du début de l'infection, de 61,5 mm par jour en moyenne. De plus, les handicaps bien connus que rencontrent les endoparasites au cours de leur croissance les conduisent, comme on le sait depuis de nombreuses années, à une production de cellules reproductrices dont les quantités excèdent largement celles des espèces indépendantes voisines. Ceci, évidemment souligne à nouveau le taux extraordinaire de synthèse des protéines chez ces parasites. Il est possible de donner encore un exemple. On a pu calculer que le poids des oeufs et des sécrétions qui les enrobent, pondus par une femelle *Ascaris lumbricoides* en 24 heures, atteignait 10% environ du poids total du ver; c'est un chiffre très significatif.

Métabolisme des protéines. — Le composé d'azote le plus simple utilisé par les parasites pour la synthèse des protéines est l'ammoniaque. On a pu observer chez les ténias et les nématodes une amination réductive desképtoacides. On a pu démontrer la production d'alanine et d'acide aspartique par cette filière, dans les ovaires de l'*Ascaris*, et des études quantitatives permettent d'avancer que cette amination réductive peut être importante dans cet organe.

Naturellement, on constate plus souvent l'utilisation de composés azotés organiques, tels que les acides aminés. Les parasites peuvent les absorber de différentes façons. Ceux qui sont dépourvus de canal alimentaire, comme les ténias et les trypanosomes, dépendent entièrement des substances que leur apporte leur hôte, soit par voie intestinale, grâce à l'action de ses enzymes digestives propres, soit indirectement par la voie sanguine. Les parasites dépourvus d'appareil digestif sécrètent rarement, sinon jamais, de véritables enzymes digestifs dans leur milieu. Les enzymes digestifs que l'on trouve chez ces parasites, comme les lipases ou les protéases, servent d'enzymes dans les tissus; c'est-à-dire qu'ils interviennent pour transformer les composés ou lors de leur transferts dans le corps, plutôt que pour l'absorption du milieu environnant. D'un autre côté, des parasites pourvus d'un appareil digestif, comme les nématodes, ont habituellement une dose appréciable de ces enzymes digestifs, et qui le sont alors dars le plein sens du mot. En dehors de toute considération sémantique, il peut être important de savoir si un enzyme se rapporte à un tissu ou à la digestion dans le sens restrictif du terme. On se trouve en présence d'un tel cas lorsque le parasite du paludisme digère le matériel erythrocyte qui a été acquis par pinocytose.

De la même façon que chez les animaux indépendants on peut diviser les acides aminés alimentaires des parasites en essentiels et non-essentiels. Comme leur nom l'indique, les acides aminés non-essentiels n'ont pas à être présents dans la nourriture; néanmoins, on les trouve toujours dans les protéines des animaux et il est évident que leur synthèse est possible. On a étudié à plusieurs reprises l'interconversion des acides aminés; on peut donner en exemple le *Strigomonas oncopelti* qui peut utiliser l'acide glutaminique marqué au

C^{14} pour la synthèse de 12 acides aminés, et spécialement la synthèse de l'arginine et de la proline.

On ne sait pas grand chose des mécanismes biochimiques par lesquels les parasites effectuent la synthèse des acides aminés non-essentiels. En plus de l'amination réductrice mentionnée ci-dessus, on a seulement étudié la transamination de façon approfondie. On a trouvé à la fois chez les protozoaires parasites et chez les vers, des enzymes qui permettent la catalyse lors de la transformation d'un acide aminé en kétoacide. Chez les protozoaires, spécialement, on constate que le spectre des substances qui composent le groupe des amines est un spectre assez large lorsqu'il concerne le groupe des amines qui entre en réaction lors de transaminations telles que le passage de l'acide pyruvique à l'alanine.

A l'opposé des acides aminés non-essentiels, les acides aminés essentiels sont indispensables dans la nourriture car l'organisme ne peut pas en faire la synthèse lui-même. Jusqu'à présent, trop peu d'études ont été menées sur le sujet pour que l'on puisse distinguer quels sont les acides aminés essentiels. La raison de cette pauvreté d'informations est que l'on ne peut obtenir de données probantes qu'avec des parasites qui sont élevés axeniquement dans un milieu chimique défini. Ceci n'a pu être fait que très rarement, car la plupart des parasites ont besoin pour vivre en de bonnes conditions d'ingrédients complexes qui sont par exemple, le sérum ou l'extrait d'embryon. Cependant on a pu cultiver quelques rares protozoaires dans des conditions satisfaisantes au regard des exigences ci-dessus et l'on a trouvé que les besoins en acides aminés étaient variables suivant les espèces. Le *Crithidia fasciculata* a besoin de 10 acides aminés, le *Leishmania tarentolae* en réclame 15, le *Trichomonas foetus*, 12, mais le *Strigomonas oncopelti* n'a besoin que d'un seul acide aminé: la méthionine. Naturellement, on peut se poser la question de savoir si cette dernière découverte représente réellement les vraies capacités de synthèse de l'organisme. On a avancé que le « corps bipolaire », curieuse structure de ce flagellé, était en réalité un facteur d'endosymbiose. Cette affirmation est appuyée par l'observation selon laquelle l'élimination expérimentale de ce facteur rend les flagellés incapables de faire la synthèse de la lysine par la même filière qu'antérieurement.

Les substances azotées ne sont pas seulement utilisées pour la synthèse, mais elles sont aussi dégradées pour satisfaire les besoins d'énergie. On a pu le constater spécialement pour certains protozoaires parasites cultivés en aérobie, alors qu'il est difficile dans le cas des anaérobies de tracer la limite entre l'utilisation catabolique et l'utilisation anabolique des protéines. La même difficulté se retrouve pour les vers placés dans un milieu quelconque. De toute façon, on peut attribuer à l'utilisation des protéines ou des acides nucléiques, la parenté d'un bon nombre de substances éliminés par les parasites. Cependant, il faut insister sur le fait que l'identification de substances azotées, à partir d'un milieu dans lequel ont séjourné des parasites pourvus d'un appareil intestinal, ne prouve pas nécessairement qu'ils proviennent de l'utilisation de substrats contenant de l'azote. Elles sont généralement à mi-chemin de sous-produits tels que les matières fécales ou la nourriture réingurgitée, à demi digérée. Chez des *Fasciola hepatica*, par exemple, de tels composés sont l'hémoglobine, les protéines coagulées, les albumines, et les peptones. On peut penser avec certitude que ces substances ne sont pas des sous-produits du métabolisme mais qu'elles proviennent des autres sources dont nous avons parlé

ci-dessus. De plus, on doit se rappeler que même dans le cas de parasites dépourvus d'appareil intestinal, il est possible de constater la présence de « pseudo sous-produits du métabolisme » dans le milieu d'incubation; par exemple, de substances provenant des organes sexuels ou de diverses glandes. Il est essentiel d'aborder ce problème sous un angle critique.

D'un autre côté, il n'est pas déraisonnable de penser que l'apparition d'ammoniaque, d'urée ou d'acide urique dans le milieu indique la décomposition de l'azote au cours des réactions métaboliques. Les protozoaires et les vers produisent surtout de l'ammoniaque et nous touchons là un point important de la biologie des parasites. L'ammoniaque est un poison violent de la cellule, et chez les animaux terrestres indépendants il est neutralisé et transformé habituellement en urée, alors que les animaux aquatiques peuvent aisément éliminer et diluer toutes les substances toxiques qu'ils sécrétent. De ce point de vue, la grande majorité des parasites se rattachent plutôt aux animaux aquatiques; il vivent au sein de milieux fluides en constante circulation et ils peuvent rapidement diluer toutes les substances qu'ils sécrétent. Cavier et Savel [35] 1954, ont mené, sur ce problème, des expériences très intéressantes, sur l'*Ascaris*. Dans le cas de vers tenus *in vitro* au sein de grandes quantités de fluide, l'azote sécrété se composait de 70% d'ammoniaque et de 7% d'urée. Si les mêmes vers étaient placés dans des petits tubes à essais, la proportion d'ammoniaque descendait jusqu'à moins de 50% alors que le pourcentage d'urée s'élevait rapidement jusqu'à plus de 51%.

Il faut noter que l'on a pas encore constaté de sécrétion d'urée chez les protozoaires parasites mais que cette sécrétion est assez commune chez les vers parasites. Il est probable qu'elle est le résultat du même type de cycle que pour les animaux plus évolués, c'est-à-dire le cycle de Krebs-Henseleit ou un cycle approchant. Mais, il faut souligner que nous n'avons pas de preuve formelle de l'existence d'un cycle fonctionnel complet.

L'acide urique est sécrété en quantités relativement réduites par certains trématodes et certains cestodes et on le trouve à l'état de traces dans les sécrétions des nématodes. Puisque l'on peut supposer que ces derniers métabolisent ençore les purines, il est vraisemblable, à plus forte raison, qu'ils dégradent ces composés. Il existe certaines indications selon lesquelles les nématodes, surtout les sujets jeunes, peuvent transformer les purines en ammoniaque selon un mécanisme qui met en jeu l'action d'enzymes tels que l'uricooxidase, l'allantoinase et l'allantoicase.

Parmi les sécrétions des nématodes, on rencontre deux groupes de substances qui méritent une mention particulière: ce sont les amines et les acides aminés. Les larves du *Trichinella spiralis* éliminent douze amines et dix acides aminés. Les amines viennent sans aucun doute des acides aminés grâce à une décarboxylation de ces derniers. On a observé chez nombreux vers parasites l'activité de décarboxylase et il ne subsiste pratiquement aucun mystère sur le mode de formation de ces composés. Le véritable mystère est le suivant: pourquoi ces substances sont-elles sécrétées alors qu'elles pourraient-être métabolisées. De même, il n'y a pas d'explication au fait que des composés utiles comme les acides aminés sont éliminés alors qu'ils pourraient être utilisés soit dans des réactions cataboliques soit dans des réactions anaboliques. Cependant, il faut souligner que l'élimination de tels acides par le corps n'est pas un fait propre aux parasites. On a pu faire des observations analogues sur certains crustacés, sur certains céphalopodes ou sur certains

échinodermes. Comme Baldwin l'a montré il y a plusieurs années, il ne nous est pas possible, dans l'état actuel de nos connaissances, de savoir si ce phénomène reflète une simple fuite de substances importantes dans le corps, ou s'il s'agit d'un défaut du métabolisme.

Remarques finales. — Nous sommes maintenant au bout de l'étude que nous avons menée dans le domaine de la biochimie et de la physiologie des parasites. Il est évident que n'avons pu qu'effleurer de nombreuses questions dont certaines n'ont même pas pu être citées. Ainsi, nous aurions pu aborder dans le détail les besoins nécessaires à la nutrition et à la croissance des parasites ou les relations de ces derniers avec leurs hôtes, envisagées du point de vue chimique. Nous aurions pu étudier aussi les relations entre les médicaments antiparasitaire et le métabolisme des parasites, afin de mentionner certains aspects au sujet desquels on poursuit actuellement une recherche intensive. Cependant, je suis certain que l'exposé ci-dessus est suffisamment détaillé pour pouvoir donner une idée générale des problèmes que rencontrent les biochimistes et qu'il est manifeste qu'un très grand nombre de problèmes restent encore ouverts à la recherche. Il faudra trouver des solutions pour un grand nombre de ces problèmes avant de pouvoir prétendre que nous comprenons la physiologie et la biochimie des parasites.

Bethesda, National Institutes of Health.

T. von Brand

(Traduit par D. Cardot - Gif-sur-Yvette)

BIBLIOGRAPHIE

[1] Bernard Cl. - Compt. Rend. Soc. Biol. Ser. 3, *1* : 53, 1859.

[2] Luecke A. - Arch. Path. Anat. *19* : 189, 1860.

[3] Heintz W. - Jena. Ann. Physiol. Med. *1* : 180, 1850.

[4] Bunge G. - Ztsch. Physiol. Chem. *8* : 48, 1883 and *14* : 318, 1889.

[5] Weinland E. - Ztsch. Biol. *42*, *55*, 1901.

[6] Buetschli O. - Ztsch. Biol. *21*, 603, 1885.

[7] Maupas E. F. - Compt. Rend. Acad. Sci. Paris *102* : 120, 1886.

[8] Panzer T. - Ztsch. Physiol. Chem. *73* : 109, 1911 and *86* : 33, 1913.

[9] Smith G. - Quart. J. Micr. Sci. *57* : 251, 1911 and *59* : 267, 1913.

[10] Schwab K. L. - Die Oestriden, Bremsen der Pferde, Rinder und Schafe. Muenchen, 1858.

[11] Prenant L. A. - Arch. Anat. Microsc. *3* : 293, 1900.

[12] Vaney E. - Ann. Univ. Lyon, Fasc. *9*, 1902.

[13] von Kemnitz G. A. - Ztsch. Biol. *67* : 129, 1916.

[14] Krogh A. - *The respiratory exchange of animals and man.* Longman, Green and Co. London, 1916.

[15] von Brand T. and Mehlman B. - Biol. Bull. *104* : 301, 1953.

[16] Kmetec E. and Bueding E. - J. Biol. Chem. *236* : 584, 1961.

[17] Vernberg W. B. and Hunter W. S. - Exptl. Parasitol. *11* : 34, 1961.

[18] VERNBERG W. B. and VERNBERG F. J. - Comp. Biochem. Physiol. *14* : 557, 1965.

[19] VON BRAND T. and ALLING D. W. - Comp. Biochem. Physiol. *5* : 141, 1962.

[20] HEMMINGSEN A. M. - Rept. Steno Mem. Hosp. Nord. Insulin Lab. *9*, Part. II., 1960.

[21] ZEUTHEN E. - Quart. Rev. Biol. *28* : 1, 1953.

[22] READ C. P. and ROTHMAN A. H. - Exptl. Parasitol. *7* : 217, 1958.

[23] VON BONSDORFF B. - Exptl. Parasitol. *5* : 207, 1958.

[24] EPPS W., WEINER M. and BUEDING, E. - J. Infect. Diseases *87* : 149, 1950.

[25] BOWMAN I. B. R., TOBIE E. J. and VON BRAND T. - Comp. Biochem. Physiol. *9* : 105, 1963.

[26] BUEDING E. - Fed. Proc. *21* : 1039, 1962.

[27] BUEDING E. - In: E. Racker (Edit), Cellular metabolism and infection. Academic Press, N.Y., pp. 25-34.

[28] KORN E. D. and GREENBLATT C. L. - Science *142* : 1301, 1963.

[29] FOUQUEY C., POLONSKY J. and LEDERER E. - Bull. Soc. Chim. France 1959 : 803.

[30] GINGER C. D. and FAIRBAIRN D. - J. Parasitol. *52* : 1097, 1966.

[31] JACOBSEN N. S. and FAIRBAIRN D. - J. Parasitol. *53* : 355, 1967.

[32] LWOFF A. - Zbl. Bakter. Abt. I. Orig. *130* : 498, 1934.

[33] NEWTON B. A. - J. Gen. Microbiol. *17* : 708, 1957.

[34] TRAGER W. - Acta Tropica *14* : 289, 1957.

[35] CAVIER R. and SAVEL J. - Compt. Rend. Acad. Sci. Paris *238*: 2448, 1954.

LE POUVOIR CRÉATEUR DU PROFESSEUR

Le présent article s'occupe du pouvoir créateur du professeur, rarement discuté, qui est traité ici comme étant parallèle au pouvoir créateur en d'autres domaines des activités humaines. Ce type de pouvoir créateur varie de ceux artistique ou technique par son matériel spécifique. L'homme que l'on éduque n'est pas seulement l'objet de l'influence créatrice, mais aussi le sujet de l'éducation, qui limite le degré de liberté créatrice. La liberté en question est aussi limitée par des lois unificatrices nombreuses qui règlent les processus d'éducation. Le pouvoir créateur des professeurs peut être traité comme la résolution indépendante de problèmes pratiques dans l'éducation de la part des professeurs dans le cours de l'exercice de leur influence sur les élèves, qui étant en harmonie avec des idéaux éducatifs définis, conduit à des résultats éminents. Compris ainsi, le pouvoir créateur des maîtres peut consister en la résolution des problèmes liés avec le contenu sélectif de l'instruction - spécialement avec l'amélioration des programmes, des manuels, des méthodes et des moyens d'enseignement et d'apprentissage, des méthodes d'éducation socio-morales, ainsi que dans la résolution des problèmes d'organisation de l'école et de l'éducation. L'article exprime la profonde conviction que l'attitude indépendante et créatrice du maître lui-même est la condition du succès dans le développement d'une attitude indépendante et créatrice de la jeunesse.

L'attitude indépendante et créatrice du professeur lui-même est la condition du succès dans le développement de l'indépendance et de l'attitude créatrice des jeunes, de même que dans toutes espèces de contenu, méthodes, moyens et organisation modernisantes du travail didactico-éducatif.

Cette affirmation n'est pas du tout un truisme. Contrairement, elle n'apparaît ni dans des nombreuses caractéristiques de la personnalité du maître, ni dans toutes les sortes de documents concernant le travail du professeur. En outre, notre but n'est pas de poser en filigrane que le maître doit être créateur, mais de mettre ce caractère en plein relief en tant que composante significative de la personnalité du professeur moderne, exactement comme nous parlons surtout des éléments créateurs dans l'activité d'un chercheur, d'un inventeur ou d'un artiste. Probablement par analogie avec ce type d'activité créatrice, on a rapporté la notion « d'activité créatrice du maître » à l'activité scientifique ou artistique dans laquelle les professeurs s'engagent souvent. Ainsi, le maître qui a accoutumé de peindre, sculpter, écrire des vers ou des romans ou de conduire des recherches systématiques et de publier ses résultats était considéré comme un créateur. Celles-ci et des espèces semblables d'activités doivent, naturellement, être hautement estimées, puisque les professeurs, en tant que partie fondamentale des intellectuels créateurs, doivent participer aux processus généraux formateurs de culture de la société entière et de la nation. C'est le domaine et l'intensité de cette participation dont à quelque degré dépendent l'estime et le prestige que l'opinion publique porte aux maîtres en comparaison à d'autres groupes professionnels. De plus, les professeurs, en tant que médiateurs principaux entre la culture humaine générale et nationale et la jeune génération sont dans la position de mieux remplir leur tâche, d'autant plus ils ont crû dans ce monde de culture, et d'autant plus grande est leur participation à la production des valeurs culturelles.

En contraste avec ce pouvoir créateur, estimé maintenant de manière générale, il est possible de parler du pouvoir créateur du maître, c-à-d. de celui qui

est immédiatememt lié à la fonction d'enseignement et aux activités éducatives. En fait, de nombreux auteurs — Komenski — pour commencer par le plus grand — traitèrent de la pédagogie ou de la didactique comme d'un art de l'enseignement et de l'éducation, mais aucun d'eux ne fut assez conséquent pour aller jusqu'à affirmer que le travail du professeur est créateur. On a fait, cependant, beaucoup pour dépouiller ce travail de ses éléments créateurs et le rendre semblable à l'artisanat ou aux fonctions de l'employé de bureau. S'est révélé particulièrement grand et fructueux, dans maints pays, l'effort de l'administration scolaire qui entreprit ardemment de tenter de normaliser toutes les activités du maître, pour les pourvoir d'un sceau formel, dans la conviction que non seulement il facilite l'administration de l'éducation, mais garantit aussi de meilleurs résultats.

Ainsi, lorsque nous allons parler du pouvoir créateur du professeur, auquel non seulement des professeurs choisis, mais tout représentant de cette profession a un droit, nous nous heurterons à une tendance générale et effectivement réalisée allant dans la direction opposée qui, apparemment, ne milite pas contre l'attitude créatrice du maître, mais en fait la bloque et parfois même l'annihile. Cette tendance apparaît de plus en plus distinctement dans tous les pays, bien que pas partout avec la même intensité. Le savant anglais Westwood l'appelait « bureaucratisation du rôle du maître », alors que cet élément de bureaucratisation est relié à la division des fonctions, à la hiérarchie des positions — fondée sur un accord formel et « certains principes d'action qui limitent la liberté » des professeurs qui remplissent diverses fonctions au sein de l'organisation scolaire.

Conformément à ce développement de la hiérarchie des positions, qui n'est pas si grande en Pologne, il y a également une série croissante de façons d'agir incluses dans des règles, des réglements et des plans de diverses espèces. Dans l'opinion de Westwood, un certain degré matériel de bureaucratisation du rôle du maître est indispensable. Dans notre situation, il est possible d'établir la même chose, avant tout pour autant que la différenciation des rôles des professeurs est concernée. Nous devons, cependant, nous défendre contre le blocage excessif de l'initiative et de l'attitude créatrice des professeurs par des règles et des réglements venant d'en haut.

Le progrès allant dans deux directions est indispensable. Puisque l'état actuel de l'égalité absolue des lois pour tous les professeurs — mauvais, moyens, bons, et très bons, n'établit pas une motivation qui favoriserait le développement des facultés créatrices, la hiérarchie des positions des maîtres doit être quelque peu élargie. A côté des positions de direction requérant des qualifications spéciales (proviseur, maître principal, leurs députés) les positions de maîtres-guides doivent être graduellement individualisées. Sous la surveillance de ce dernier, les jeunes maîtres pourraient accomplir la pratique d'une année d'enseignement au début de leur activité professionnelle. D'autres positions à créer sont celles de maîtres experts spécialisés dans les méthodes pour l'enseignement de sujets particuliers ou dans les méthodes d'éducation morale, politique, sociale, esthétique, technique et médicale, des experts en moyens didactiques, spécialement dans les plus modernes, l'emploi et le maintien desquels cause dans les écoles beaucoup de troubles, et finalement des experts en mesure didactique et en consultation professionnelle.

Ce type de différenciation dans les qualifications, c.-à-d. dans les fonc-

tions et les salaires des professeurs est extrêmement difficile à atteindre, mais indispensable, et il doit devenir dans l'avenir immédiat la composante intégrale de notre système scolaire, de façon à libérer les pouvoirs créateurs des maîtres qui étaient jusqu'à maintenant insuffisamment exploités. Cela sera atteint au moyen de la création de perspectives de promotion intellectuelle et économique. On doit rappeler que des secteurs de notre vie tels que l'économie, la technique, l'art, la science et la médecine doivent leurs progrès actuels à un processus semblable de différenciation des positions.

Alors que, cependant, la bureaucratisation du rôle du maître compris de façon non péjorative comme la différenciation des fonctions du maître peut devenir un facteur important du progrès de l'éducation dans notre pays — une intensification ultérieure de la normalisation, qui fixerait minutieusement les voies pour l'activité des maîtres ou même, comme cela s'est déjà produit dans le passé, essayerait de régler les résultats du travail des écoles en pourcentages — ne peut favoriser son succès. Nos autorités centrales actuelles semblent percevoir les effets pernicieux des réglements allant trop profondément, mais même si elles tentent de s'y opposer d'une manière radicale, la lutte avec eux durera plusieurs années. Evidemment, dans ce secteur, les réglements sont indispensables aussi, mais ils sont nécessaires pour créer les conditions pour le travail créateur des maîtres seulement, et non pour limiter le processus et les effets de ce travail.

En élevant le pouvoir créateur des professeurs au niveau de celui scientifique, d'invention ou artistique, nous aimerions confirmer son extraordinaire signification — pas moins que celle d'autres types de pouvoir créateur. Comme tout autre type de pouvoir créateur, il a son matériel spécifique, ses lois et ses principes spécifiques sur lesquels il est basé, il exige également des méthodes et des moyens spécifiques. Pour autant que sa signification sociale est concernée, aucun autre type de travail créateur ne peut l'égaler.

L'éducation consiste à former des traits et des caractéristiques définis des personnes, exactement comme le travail de sculpture consiste à donner la forme désirée au bloc de marbre ou à un autre matériel et l'écriture — à créer la substance du langage conformément à des intentions créatrices définies. Il apparaît cependant certaines différences significatives. Le matériel modelé par un artiste ou un ingénieur possède certains attributs relativement constants, alors que le degré d'indépendance créatrice qui caractérise l'activité inventive est habituellement plutôt élevé, dans l'activité artistique étant très élevé; sujet, idée, méthode et matériel dépendent entièrement de l'invention du créateur.

L'éducation est un autre cas. Là, l'être qui est éduqué n'est pas seulement l'objet du processus éducatif, mais aussi son sujet, dont le résultat est que non seulement ses attributs en tant que matériaux deviennent extrêmement compliqués et sujets à des changements rapides, mais sa motivation aussi se révèle être impliquée. La connaissance de l'âme de l'élève moyen et la faculté d'agir pédagogiquement n'est pas suffisante, à côté d'elle l'harmonie entre les motifs de l'action des élèves et les motifs de l'action des maîtres doit être créée. Ces deux côtés de l'activité pédagogique ont été discutés dans mon livre « Foundations of Problem Learning » (1964). Tous les deux jouent un rôle significatif dans le pouvoir créateur du maître. Beaucoup de professeurs, cependant, oublient le côté des motivations, de sorte que le résultat de leur travail est souvent d'une valeur douteuse. Le degré d'indépendance est

extrêmement limité dans le processus éducatif, non seulement par le fait que des facteurs autres que le maître et l'école influencent les élèves, certains d'entre eux le faisant de façon tout à fait effective, p. ex. famille ou moyens de masse, mais aussi à cause du fait que tous les professeurs ont les mêmes objectifs principaux d'éducation toujours devant eux; la société s'attend aux mêmes résultats obtenus par les professeurs dans toutes les écoles. Ce que l'on espère c'est d'abord une bonne préparation dans le domaine de l'information et des aptitudes qui sont codifiées dans les programmes scolaires, une bonne préparation sociale, une préparation à la participation à la culture générale humaine et nationale et une préparation au travail professionnel.

De plus, cette indépendance est limitée par les conditions fixées par l'état, qui prend soin de l'éducation et par la voie de lois, réglements, plans d'études, manuels et de l'appareil de contrôle règle ces conditions et vérifie dans quelle mesure les professeurs s'y conforment.

L'activité du maître peut-elle avoir le signe distinctif de la création en dépit de ces limitations? La réponse à cette question doit être définitivement affirmative, puisque les conditions mentionnées ci-dessus fournissent un tableau des aspects spécifiques de l'activité créatrice des professeurs sans mettre en accusation le pouvoir créateur lui-même. Ce type d'activité est très différent de tout autre, mais autant que possible de tout autre.

Il est plus aisé de l'établir que de dessiner les frontières précises entre le travail du professeur qui a le signe du pouvoir créateur et de travail qui n'a pas un tel sceau. La différence n'est pas, cependant, spécifique de ce secteur.

Pour parler d'une manière générale, le pouvoir créateur du maître apporte à l'esprit une influence hautement effective, d'un type particulier, du maître sur ses élèves — conformément à un certain idéal éducatif qui constitue le système de référence pour cette efficacité. Etant en possession d'une définition aussi générale, il ne serait pas difficille d'effacer la ligne de démarcation entre l'activité créatrice et celle imitative ou celle basée sur les normes acceptées de l'extérieur. Pour éviter cela, le pouvoir créateur du maître doit être traité comme la solution indépendante de problèmes pratiques par le maître dans le cours de l'exercice d'une influence sur les élèves — conduisant à des résultats éminents et se trouvant en harmonie avec des idéaux éducatifs définis.

Ce qui est bien connu des professeurs c'est que dans le processus de l'éducation, il apparaît de nombreuses situations abondant en difficultés, de sorte que le professeur ne sait pas que faire. Ce sont des situations de problèmes, les problèmes pratiques étant inclus, lesquels diffèrent de ceux théoriques en ce qu'ils ont plusieurs solutions qui s'expriment dans des activités pratiques. Dans ces situations, le professeur routinier agit en conformité avec des schémas bien rôdés, alors que celui qui est moins expérimenté et moins créateur se remémore ce que les ouvrages de pédagogie conseillent de faire dans un tel cas ou ce qui a été fait par ses collègues plus expérimentés. Le professeur créateur agit autrement. Il analyse la situation, en isole les composantes les plus importantes et celles subordonnées à celles-ci, s'informe des motivations des élèves, cherche les concepts de la solution du problème, parmi lesquels il choisit celui qui est le meilleur par rapport au but éducatif et aux effets prévus par lui. Ce n'est pas avant d'avoir accompli ces préparations dans son esprit, qu'il appliquera des mesures éducatives définies. Alors il observera ses élèves afin de deviner si les mesures pédagogiques ont déterminé les résultats attendus.

Si les résultats se démontrent être différents, il examinera les causes et les conséquences possibles de ces déviations, qu'il n'avait pas prévues.

Ainsi, l'activité du maître créateur est pleine d'une activité mentale intérieure. Grâce à cela, son activité pratique est réfléchie et consciemment choisie. Au cours du temps elle devient plus mûre et plus efficace. Les écrits pédagogiques et psychologiques sont très souvent la source de ses concepts — il vérifie lui-même les théorèmes empruntés aux livres, ce qui le conduit à accepter ou à rejeter ceux-ci. Il doit maints théorèmes à son propre effort créateur.

Ayant expliqué en quoi l'activité créatrice du maître consistait, nous pouvons maintenant présenter plusieurs secteurs dans lesquels elle se révèle. Là, nous devons prendre en considération l'activité créatrice des maîtres concernant le contenu, les méthodes, les moyens et l'organisation de l'éducation et de l'enseignement.

Le pouvoir créateur du maître peut se révéler non seulement à l'école primaire, mais aussi au niveau secondaire et à l'université. Il peut avoir rapport à des innovations dans une classe ou dans une école, de même qu'à l'activité réformatrice à l'échelle de la nation. Dans tous les cas, il exige un effort créateur sage et l'attitude de la consultation sociale, ne tenant aucun compte des difficultés rencontrées au cours de cette activité.

Dans nos conditions actuelles, cet effort est spécialement requis dans les travaux pour la création d'une école réellement socialiste qui irait de paire avec d'autres secteurs de notre vie et en même temps frayerait un chemin pour l'avenir. De l'intensité de cet effort dépendra que la réforme de l'école nouvelle réalise la vision de cette école magnifique ou qu'elle soit l'une des réformes communes successives qui n'entraînent que peu de changements et de plus pas toujours des changements en mieux. Cette influence comparativement petite sur le progrès dans l'éducation peut s'expliquer principalement par une participation trop faible des maîtres, en gros, à l'élaboration de ces réformes, ce qui s'accompagne régulièrement d'une compréhension incomplète et très souvent de l'indifférence et de l'opportunisme.

Cet état de faits sera sujet à des changements radicaux lorsque les grands pouvoirs cachés dans les grandes masses de professeurs seront activées. Dans notre pays, les professeurs de tous les niveaux jusqu'à l'université doivent se sentir responsable de la forme réelle et future de notre école et avant tout de sa structure, de ses orientations, de ses programmes, exactement comme ça commence de l'être dans d'autres pays. L'école de l'avenir doit se former au cours du travail quotidien des professeurs, au cours de la résolution de problèmes concernant la structure et le contenu de l'éducation générale et professionnelle.

Le maître est en contact journalier avec le contenu didactico-éducatif, qui le rend capable de remarquer immédiatement toutes les difficultés qui y sont inhérentes. Ces difficultés peuvent être de nature psychologique lorsque, par exemple, les contenus sont trop simples ou trop difficiles, ce qui ne fournit pas une chance de mobilisation totale des efforts des élèves. La meilleure solution d'un problème est alors de charger la leçon d'un contenu additionnel ou d'éliminer rationnellement le surplus de détails, et puis de vérifier un contenu ainsi corrigé dans le processus didactique. Des difficultés de nature didactique apparaissent encore plus souvent lorsque, par exemple, la manière d'ordonner la matière dans un manuel produit des doutes, il y a une manière

unilatérale de présenter le matériel dans le manuel, des points importants sont insuffisamment soulignés ou il y a un rapport lâche des informations avec les aptitudes et des connaissances avec la vie. Finalement, les difficultés peuvent être de nature éducative, lorsque, par exemple, le professeur est effrayé par ce qui est exprimé par une oeuvre plastique ou littéraire ou lorsque une bonne chance s'offre pour interpréter une matière donnée par rapport à certains besoins d'éducation socio-morale, socio-patriotique, esthétique, sexuelle ou médicale.

Ces problèmes et d'autres reliés aux matières n'ont pas besoin d'être limités à des leçons isolées. Ils peuvent être examinés dans des périodes de temps plus longues, ce qui permettrait au professeur de trouver des dispositions plus utiles de la matière que celle présentées dans le manuel, spécialement plus la structuration est utile et plus est rationnelle la relation entre les faits et le contenu. La programmation du matériel didactique par les professeurs sert bien un travail créateur à long terme. La programmation et la vérification des programmes permet aux experts de remarquer ces éléments et ces relations inclus dans le matériel qu'il ne percevait pas jadis. Ainsi, il le prépare bien pour le travail créateur de sélection et de classement.

Les profits tirés de la résolution des problèmes des matières peuvent être multiples. Leur plus grande valeur est qu'en enseignant à mieux comprendre les programmes et les manuels, ils créent en même temps l'attitude indépendante envers eux. De cette manière ils servent immédiatement à l'amélioration du travail quotidien du maître, puisque usage est fait par lui-même de son propre travail créateur sur l'amélioration des matières. Ainsi, la réalisation du professeur croît graduellement. Si les résultats de ces enquêtes du maître sont publiés sous une forme quelconque et spécialement si ils sont élaborés scientifiquement, ils deviennent une propriété commune et aident les professeurs partout dans le pays à comprendre le contenu à la fois de l'éducation générale et professionnelle, devenant en même temps la contribution aux améliorations des programmes et des manuels ainsi qu'à la formation des bases scientifiques pour l'école de l'avenir.

Il n'est nul besoin de convaincre quiconque de la signification des chances et des profits attachés ou pouvoir créateur des maîtres dans les domaines des méthodes d'enseignement et d'éducation. Le pouvoir créateur, cependant, qui est si ardemment exercé par les auteurs des « conférences publiques pédagogiques » n'est jamais devenu familier aux maîtres, en gros. De toute façon, il prend racine plus profondément, ce qui est dû indubitablement à l'action des conférences pédagogiques. Cette action utile a été organisée avec une grande dépense de travail, d'abord par les Institut pour l'Education et maintenant, depuis huit ans par le Centre Méthodologique.

En Pologne, il est relativement plus aisé de rencontrer le pouvoir créateur des professeurs dans le secteur de la méthodologie que dans tout autre type que celle-ci. Il suffit de faire une visite à quelques-unes de nos écoles expérimentales, d'expérimentation ou modèles, aussi bien qu'à des laboratoires écoles de maîtres-innovateurs individuels pour y trouver nombre de ses traits. On peut trouver beaucoup d'échantillons précieux de ce pouvoir créateur dans des publications, dont les auteurs sont les créateurs eux-mêmes, à savoir dans des articles, des éditions collectives de conférences pédagogiques ou dans beaucoup d'autres collections collectives.

Le trait essentiel des problèmes méthodologiques, peu importe qu'ils ap-

partiennent à l'enseignement ou à l'éducation, est le fait qu'ils se rapportent au processus didactico-éducatif. Le processus lui-même comprend les activités des maîtres et des élèves. Ce qui forme l'objet et les résultats finaux de ces activités, c'est le fait d'accomplir certains changements chez les élèves, ce qui consiste à maîtriser le savoir ou les capacités, à développer les aptitudes, en modelant des attitudes sociales, morales ou esthétiques. En parlant d'une façon générale, les changements mentionnés ci-dessus consistent dans le développement de qualifications générales ou spéciales. Ainsi, le problème méthodologique ne signifie pas la question sur la manière d'enseigner ou sur la manière d'éduquer, mais sur la manière d'influencer les élèves afin qu'ils se comportent de telle ou telle façon et au cours de ce changement eux-mêmes (pour le mieux naturellement) dans un rapport donné ou même pour une mesure donnée. La question de la mesure de ce progrès est d'une grande importance ici, puisque la didactique moderne, comme d'autres branches de la science utilise de plus en plus activement les mesures et les mathématiques, visant à une rationalisation profonde et à une efficacité croissante du processus d'éducation.

En parlant de l'influence du maître sur un élève isolé, un groupe d'élèves ou sur une classe et non seulement à propos d' «enseignement » et en même temps sur le comportement des élèves sous une telle influence, nous posons la question de manière plus large qu'il n'est fait dans les discussions actuelles — plus largement sous deux rapports. D'abord, parce que le problème de l'enseignement a été traditionellement concentré sur les activités du maître dirigées vers la transmission de certains morceaux d'informations aux élèves ou montrant le modèle d'activité qui doit être suivi, tandis que l'influence se rapporte non seulement à la sphère opératoire (savoir, capacités, aptitudes) mais aussi à celle des motivations. Deuxièmement, à cause du fait qu'en conditionnant le comportement des élèves par l'influence du maître, nous soulignons la nécessité d'une contre-réaction constante entre le premier et le second, puisque sans celle-ci les changements que l'on désire faire apparaître chez les élèves ne seront jamais provoqués.

L'amélioration du processus éducatif compris d'une manière aussi large fait que le professeur ne peut pas rester ignorant des problèmes reliés aux moyens d'enseignement et d'éducation. Ces moyens, forment ensemble avec les activités du professeur et des élèves, la partie et la masse de toutes les méthodes de l'influence éducative. En dépit de ce caractère inséparable, le pouvoir créateur de nos maîtres concernant les moyens d'enseignement et d'éducation est extrêmement faible en comparaison de la section précédente. Il est vrai de dire que nous avons certaines réalisations à l'échelle mondiale, p. ex. l'inventaire de la première machine pour une instruction programmée. Son inventeur, cependant, Stanislaw Trebicki, fut un homme d'affaires et non un professeur.

Les progrès dans le domaine des moyens d'enseignement et d'éducation devient le problème du jour dans tous les pays bien développés. Chaque année, de nouveaux moyens apparaissent qui non seulement aident les élèves à devenir conscients de la réalité ou montrent le monde sous une forme généralisée, mais remplacent aussi les activités du maître. De nos jours, ils remplacent même certaines des activités des étudiants; celles-ci peuvent être considérées comme des méthodes de moyens. Des moyens de ce type, cependant, (radio, enregistreurs magnétiques, appareils de télévision, machines d'ensei-

gnement) ne peuvent se passer de l'activité du maître. Le professeur qui prend part à un programme de télévision, prépare des textes programmés ou élabore un modèle didactique de machine pour une instruction programmée peut être, naturellement, une personne éminente. Ce peut être quelqu'un qui remplace victorieusement les activités de professeurs moyens.

Ainsi, même en élaborant des méthodes de moyens remplaçant les activités des maîtres, de même que certaines activités des élèves, il y a un vaste champ pour le pouvoir créateur du professeur. Ce champ va croître au cours du temps, en même temps que les calculatrices vont faire leur apparition dans les écoles, spécialement lorsque leur taille sera plus petite, et leur manipulation plus simple et les frais d'exploitation moins élevés.

Tous les collèges de formation des professeurs, tous les constructeurs et tous les producteurs doivent être au courant de ces importants problèmes de l'avenir immédiat, alors que la troupe des professeurs, spécialement ceux travaillant en milieu rural empoigneront les problèmes didactiques fondamentaux, p. ex. quels matériaux de l'instruction traditionnelle utiliser afin d'obtenir les meilleurs effets, où les trouver ou peut-être, comment le faire lui-même dans des conditions spéciales, comment obtenir un magnétophone, un poste de radio, un appareil de télévision ou dans des conditions meilleures — un épidiascope, un tableau lumineux ou un épidiascope automatique. Ces problèmes, cependant, peuvent être également résolus d'une manière créatrice, ce qui est attesté par l'activité des professeurs travaillant dans des conditions très difficiles, lesquels sont aptes à faire des moyens simples, de même que plus compliquées, de matériaux simples facilement disponibles.

Tandis que le mouvement dans le secteur de la production et de l'emploi rationnel des moyens didactico-éducatifs doit être déclenché presque dès les débuts, la situation dans le domaine de l'organisation semble être bien meilleure. Nos maîtres de la période d'avant-guerre étaient extrêmement intéressés aux problèmes d'organisation. Une situation similaire prévaut maintenant. Les expériences et les recherches polonaises sur l'application du travail en groupes dans des groupes homogènes, qui ont démarré dans la période d'avant-guerre et sont maintenant conduites à grande échelle ont été hautement estimées à l'intérieur et à l'étranger, spécialement en Union Soviétique, en Tchécoslovaquie, en Suède et au Japon. Organisation de l'enrôlement précoce dans la classe et la formation premières de groupes compensateurs, de manière à donner à tous les enfants une chance de départ égale à l'école, ont été rendus largement populaires. Ces idées ont pénétré en Tchécoslovaquie, où elles ont trouvé une application commune. On a fait démarrer des groupes compensateurs aux niveaux supérieurs tout aussi bien. Dans ce cas, cependant, les évaluations de la méthode même pour compenser les déficiences n'ont pas été uniformes. En suivant l'exemple de la scolarité autrichienne et anglaise également, les professeurs polonais ont fait pendant longtemps des tentatives pour créer groupes à niveaux multiples à l'intérieur des classes. Les tentatives signalées ci-dessus et beaucoup d'autres, comme par exemple de joindre le système du laboratoire et le système de la brigade avec le système de la classe magistrale ou d'organiser l'école en une journée scolaire prolongée révèlent la richesse des activités réformatrices de nos professeurs. Elles montrent aussi que dans l'opinion des professeurs les problèmes d'organisation et de méthodologie sont plus aisés à entreprendre. Cela semble vrai, réellement, encore que la polémique des estimations des solutions possibles soit beaucoup

plus grande dans ce secteur. Est-il, par exemple, possible de trouver une telle solution dans l'organisation de l'école, dans laquelle les élèves les plus capables se trouveraient en position d'avancer plus rapidement, alors que les moins capables ne perdraient pas contact avec eux, ni ne réduiraient leurs ambitions au niveau de ceux-ci.

Cette controverse dans les solutions pour l'organisation, qui est un trait important du travail sur ces problèmes, ne doit pas nous faire conclure que cette sorte de questions devraient être exclues de la sphère du pouvoir créateur des professeurs. En résolvant ces problèmes, cependant, on doit toujours se rendre compte de la richesse des solutions possibles et leur utilité pour déterminer les changements désirés chez les élèves.

Le travail créateur du maître dans le secteur des formes d'organisation du processus didactico-éducatif consiste dans le libre choix de la part du professeur de ces formes d'activités prévues dans les programmes ou hors les programmes, qui sont convenables pour le modelage de certains traits de la personnalité des élèves et en unissant harmonieusement diverses formes, méthodes et moyens afin de garantir le développement multi-latéral des enfants et des adolescents.

Finalement, on doit noter que le travail créateur des maîtres n'est pas toujours et partout apprécié aussi hautement qu'il le devrait. En postulant sa pleine estimation, nous attirerions l'attention sur le fait que la majorité des professeurs créateurs l'entreprennent non à cause de la perspective de récompenses et d'une haute estime, mais à cause du désir sortant du coeur, s'alimentant au sens de la dignité de leur profession, à la conviction profonde que seuls les professeurs créateurs sont capables de trouver et de développer les éléments créateurs dans la jeune génération.

Warszawa, University, Institute for Education.

W. Okoń

(Traduit par B. Bizzini - Neuilly-sur-Seine)

Copyright by
Rivista "SCIENTIA" Editrice
Sede legale - Milano, Via Donizetti 55
Registrata presso la Cancelleria del Tribunale di Milano col N. 1276
NORA BONETTI - *Direttore Responsabile*

ODAG - OFFICINA D'ARTI GRAFICHE - MILANO

Le format de tous les livres annoncés ci-dessous est indiqué d'une façon uniforme, d'après le système adopté par la Bibliothèque Centrale Nationale de Florence et beaucoup d'autres Bibliothèques. Sont indiqués *in-folio* les volumes de plus de 38 centimètres de hauteur; *in-4* les volumes de 28 à 38 centimètres; *in-8* ceux de 20 à 28 centimètres; *in-16* ceux de 15 à 20 centimètres; *in-24* ceux de 10 à 15 centimètres; *in-32* les volumes qui ne dépassent pas les 10 centimètres de hauteur.

Libri ricevuti - Ouvrages reçus - Books received
Eingelaufene Werke - Libros recibidos

Les ouvrages qu'on nous adresse sont d'abord mentionnés ici, en dehors des comptes rendus dont ils peuvent être l'objet dans la suite.

Les ouvrages se succèdent dans l'ordre de la numération des groupes de matières énumérées ci-dessous:

1

Mathématiques
Calcul infinitésimal
Algèbre
Géométrie
Mécanique rationnelle et supérieure
Mécanique appliquée
Mathématiques appliquées et calcul numérique
Science des constructions
Calcul des probabilités

2

Astronomie
Astrophysique
Sciences spatiales
Cosmologie
Physique du plasma

3

Physique
Thermodynamique
Hydraulique
Optique
Acoustique
Electrologie
Electronique
Physique nucléaire et subnucléaire
Relativité
Théorie des quanta
Structure de la matière

4

Chimie générale
Chimie minérale
Chimie organique
Chimie structurale
Electrochimie
Chimie physique

5

Minéralogie
Géologie
Cristallographie
Géomorphologie
Géographie
Géodesie
Géophysique
Océanographie
Glacéologie
Vulcanologie
Séismologie
Météorologie
Climatologie
Ecologie
Paléontologie

6

Botanique
Zoologie
Entomologie
Microbiologie
Anthropologie
Embryologie
Anatomie humaine
Anatomie comparée
Histologie
Histochimie
Histophysique

7

Génétique
Théorie de l'évolution
Biologie
Biochimie
Biophysique
Biogéographie
Bionique

8

Physiologie
Electrophysiologie
Neurophysiologie
Pathologie humaine
Pathologie végétale
Pathologie animale

9

Philosophie
Logique
Philosophie de la science

10

Psychologie animale
Psychologie humaine
Psychopathologie
Psychanalyse

11

Ethnologie
Civilisations primitives
Linguistique

12

Sociologie
Droit
Economie
Statistique

13

Cybernétique
Biométrie
Théorie de l'information

14

Histoire de la philosophie
Histoire des sciences
Histoire des mathématiques
Histoire des religions
Histoire des civilisations

15

Epistémologie
Culture encyclopédique

1

***. - **Matematica.** VOLUME 1. A cura di H. BEHNKE, R. REMMERT, H.-G. STEINER e H. TIETZ. Edizione italiana a cura di L. LOMBARDO-RADICE. Un vol. in-16 (della *Enciclopedia Feltrinelli Fischer*), di 478 pagine, con 56 figure. Feltrinelli Editore, Milano, 1967. Prezzo, non rilegato, L. 1.300.

SOMMARIO. - *I: Algebra. - II: Calcolo infinitesimale in R^1. - III: Calcolo infinitesimale in R^n. - IV: Critica dei fondamenti della matematica. - V: Equazione. - VI: Insiemi, rappresentazioni, strutture. - VII: Logica e metodologia. - VIII: Numerazione e sistemi di numerazione. - IX: Numeri. - X: Numeri algebrici. - XI: Numeri cardinali e ordinali. - XII: Teoria delle funzioni. - XIII: Topologia.*

MINORSKY, N. - **Théorie des oscillations.** Un vol. in-8 (fascicule CLXIII de la série *Mémorial des Sciences Mathématiques*), de 114 pages, avec 24 figures. Gauthier-Villars Editeur, Paris, 1967. Prix, broché, 28 F.

SOMMAIRE. - *I: Méthodes quaiitatives. - II: Stabilité. - III: Méthodes quantitatives. - IV: Phénomènes non linéaires. - V: Oscillations de relaxation. - VI: Oscillations dans tes systèmes à retardement. - VII: Transformations ponctuelles, phénomènes non analyliques.*

PAINLEVÉ, P. - **Analyse des travaux scientifiques jusqu'en 1900.** Théorie générale des fonctions. Fonctions transcendantes spéciales. Fonctions algébriques de plusieurs variables. Equations différentielles. Mécanique rationnelle et mécanique céleste. Transformation des équations de la dynamique. Mécanique analytique du frottement. Un vol. in-8, de 128 pages. Librairie Scientifique et Technique Albert Blanchard, Paris, 1967. Prix, broché, 16 F.

SOMMAIRE. - *I: Théorie générale des fonctions. - II: Fonctions transcendantes spéciales; fonctions algébriques de plusieurs variables. - III: Equations différentielles. - IV: Mécanique rationnelle et mécanique céleste.*

PÓLYA, G. - **Vom Lösen Mathematischer Aufgaben.** Einsicht und Entdeckung, Lernen und Lehren. **Band II.** Ins Deutsche übersetzt von L. BECHTOLSHEIM. Ein Band in-8 (*Wissenschaft und Kultur*, Band 21), von 286 Seiten. mit figuren. Birkhäuser Verlag, Basel, 1967. Preis, geb., sFr. 34.

Das Hauptziel dieses Werkes ist die Entstehung der Lösung im Kopf des Aufgabenlösers zu verstehen. Dieser Band beginnt mit der Darstellung des Lösungsganges einer einfachen geometrischen Aufgabe. Diese Darstellung gipfelt in zwei parallelen Bilderreihen, die zu versinnlichen suchen, was sich im Geist des Aufgabenlösers abspielt: die wechselnde Auffassung von der untersuchten geometrischen Figur und, parallel dazu, das Entstehen einer logischen Struktur, durch ein geometrisches Gewebe bedingt.

INHALT. - *I: Geometrische Darstellung des Werdegangs der Lösung. - II: Pläne und Programme. - III: Aufgaben in Aufgaben. - IV: Die Geburt der Idee. - V: So denken wir. - VI: So sollten wir denken. - VII: Regeln der Entdeckung? - VIII: Lernen, lehren und lehren lernen. - IX: Erraten und wissenschaftliche Methode.*

SLOANE, A. - **Mechanics of Materials.** A vol. in-8, of XVIII-468 pages, with 291 figures and XVI tables. Dover Publications, Inc., New York, 1967. Price, unbound, Doll. U.S.A. 2,75.

Alvin Sloane's *The Mechanics of Materials*, which deals with the behavior of rods and beams under loads, is intended as an introduction to the theory of elasticity for students of physics and engineering. Professor Sloane uses only the simplest of calculus in his discussions of stress, strain, stress vs. strain, and various aspects of bending — basic flexure theory, deflection theory, elastic strain energy, combined loading, column

(Suite 1)

theory, torsion, and so on. The book includes 552 problems, many with answers, 291 figures, and an appendix of 16 tables. Also available from Dover is a manual containing detailed, worked-out solutions for all problems.

CONTENTS. - *I: Introduction to Mechanics of Materials. - II: Bending. The Basic Flexure Theory. - III: Corollary I — The Longitudinal Shear Theory. - IV: Corollary II — The Deflection Theory. - V: Violations of the Limitations of the Flexure Theory. - VI: Torsion. - VII: Column Theory. - VIII: Combined Loading. - IX: Elastic Strain Energy. - X: Mechanical Properties of Materials. - XI: Additional Uses of Mohr's Circle.*

2

***. - **Atti del convegno sui campi magnetici solari e la spettroscopia ad alta risoluzione.** Un vol. in-8 (Volume II, Tomo 4 delle Pubblicazioni del Comitato Nazionale per le manifestazioni celebrative del IV centenario della nascita di Galileo Galilei), di 346 pagine, con numerose figure e tabelle. G. Barbèra Editore, Firenze, 1966. Prezzo, non rilegato, L. 6.000.

In questo volume sono raccolti ben 45 testi che rappresentano le relazioni tenute durante il Convegno sui campi magnetici solari e la spettroscopia ad alta risoluzione. Gli argomenti trattati sono riassunti nell'indice per capitoli: *I: Spettroscopia ad alta risoluzione. - II: Effetto Zeeman. - III: Magnetografi solari. - IV: Campi magnetici solari. - V: Discussione sull'esistenza di un campo magnetico generale del Sole. - VI: Teorie magnetodinamiche solari. - VII: Campi magnetici interplanetari. - VIII: Chiusura del Convegno.*

***. - **Atti del convegno sulle macchie solari.** Un vol. in-8 (Volume II, Tomo 2 delle Pubblicazioni del Comitato Nazionale per le manifestazioni celebrative del IV centenario della nascita di Galileo Galilei), di 266 pagine, con numerose figure e tabelle. G. Barbèra Editore, Firenze, 1966. Prezzo, non rilegato, L. 6.000.

In questo volume sono raccolti ben 32 testi che rappresentano le relazioni tenute durante il convegno sulle macchie solari al quale hanno partecipato oltre novanta congressisti di tutti i paesi. I lavori sono stati aperti dal Maestro dei fisici solari, Giorgio Abetti, che ha fatto un'introduzione storica trattando il soggetto come esso è stato visto dai tempi di Galileo fino ai primi di questo secolo quando George Ellery Hale scoprì l'esistenza del campo magnetico maculare. A questa introduzione storica e a un'introduzione scientifica generale di K.O. Kiepenheuer sono seguite altre dieci relazioni principali e numerosi contributi minori sui diversi problemi della natura, dell'evoluzione e dell'interpretazione delle macchie; in fine, M. G. J. Minnaert, Presidente del Convegno, ha fatto una sintesi conclusiva dei lavori sottolineando i risultati conseguiti e le ricerche che restano da intraprendere o da continuare.

***. - **Quasi-Stellar Sources and Gravitational Collapse.** Including the Proceedings of the First Texas Symposium on Relativistic Astrophysics. Edited by I. ROBINSON, A. SCHILD, and E. L. SCHUCKING. A vol. in-8, of XVIII-476 pages, with many figures and tables. University of Chicago Press, London, 1965. Price, bound, sh. 72.

The quasi-stellar sources, first identified in 1963, are among the most amazing discoveries of our time. A symposium held in Dallas in December, 1963, discussed their nature and the theory of gravitational collapse that had been put forward to explain the quasi-stellars and the strong radio sources. This volume contains all the addresses given at the first Texas Symposium on Relativistic Astrophysics (except one by John A. Wheeler and others, to be published in expanded form by The University of Chicago Press). Reprints of many relevant papers have been added to make this book a self-contained and up-to-date exposition on its subject.

(Suite 2)

CONTENTS. - *I: Report on the Texas Symposium. - II: Collapse. - III: Identification of Galaxies with Radio Sources. - IV: Quasi-Stellar Radio Sources. - V: Origin of Radio Sources. - VI: Superdense Stars. - VII: Summaries of the Texas Symposium. - VIII: Further Contributions.*

ARCIDIACONO, D. - **Universo e relatività.** Un vol. in-8 (della collana « *Problemi del nostro tempo* », N. 21), di VIII-224 pagine, con 26 figure e XII tavole. Editrice Massimo, Milano, 1967. Prezzo, non rilegato, L. 1.800.

In questo volume l'autore esamina le varie concezioni cosmologiche dall'antichità ai nostri giorni, dimostrando come, con il progredire della scienza, si sono costruite teorie dell'Universo più complesse e perfezionate.

SOMMARIO. - *I: Il mondo degli antichi. - II: L'Universo e la meccanica. - III: L'etere e la luce. - IV: Einstein e la relatività. - V: Lo spazio ed il tempo. - VI: Inerzia e gravitazione. - VII: Stelle, galassie, quasar. - VIII: Relatività e cosmologia. - IX: L'atomo primitivo. - X: La creazione continua. - XI: Le due scale del tempo. - XII: Le costanti universali. - XIII: Fantappié e la relatività. - XIV: La cosmologia proiettiva. - XV: Materia ed elettricità.*

BRAY, R. J. and LOUGHHEAD, R. E. - **The Solar Granulation.** A vol. in-8 (Vol. 8 of *The International Astrophysics Series*), of XIV-150 pages, with figures, tables and plates. Chapman and Hall Ltd., London, 1967. Price, bound, sh. 60 net in U.K. only.

The aim of *The International Astrophysics Series* is to provide a collection of authoritative volumes dealing with the main branches of Astrophysics and Radio-Astronomy. In both these fields, great developments have taken place in recent years. It is just during the last decade that the application of high-resolution techniques (from both the ground and high-altitude balloons) has given us a detailed picture of the properties of the granulation. The granulation is basically a convective phenomenon; each granule and its surrounding dark material representing a single convection cell. In order to provide a proper basis for interpreting its properties, the authors give detailed consideration to modern hydrodynamic theories of fluid convection, and they make this subject quite accessible to the non-expert.

CONTENTS. - *I: Historical Introduction. - II: The Morphology, Evolution, and Dynamics of the Protospheric Granulation. - III: Sunspot Umbra Granules, Facular Granules, and the Supergranulation. - IV: Convective Theories of the Origin of the Granulation. - V: Current Developments in High-Resolution Observing Methods.*

DE GALIANA, Th. - **A' la conquête de l'espace.** Un vol. in-16, de 350 pages, avec 85 figures. Larousse, Paris, 1967. Prix, broché, 6 F.

A' la conquête de l'espace, par Thomas de Galiana, brosse une fresque de l'aventure spatiale: l'homme, le milieu et la machine, tels sont les trois volets du triptyque que propose ce livre.

SOMMAIRE. - *I: L'homme et le milieu. - II: Le véhicule. - III: Le sanctuaire. - IV: Satellites artificiels. - V: La lune, banc d'essai de l'astronautique. - VI: L'exploration du système solaire. - VII: A' l'aube de l'astronautique.*

KAHN, F. D. and PALMER, H. P. - **Quasars. Their Importance in Astronomy and Physics.** A vol. in-8, of X-112 pages, with 64 illustrations. Manchester University Press, Manchester, 1967. Price, bound, sh. 30.

Quasars — or quasi-stellar objects associated with discrete radio sources — look, to optical astronomers, like very blue but otherwise normal stars. The recognition, as recently as 1961, that some of these « stars » had big redshifts and yet gave detectable

(Suite 2)

radio emission ushered in a new period of co-operation between astrophysicists and radio astronomers. As the quasars were investigated further it became clear that they are among the most exciting discoveries in astrophysics in this century. They are therefore attracting much interest, and some of this has spilled over into the popular press and other media. For this reason the authors of this book were invited to give a series of lectures in Manchester in the autumn of 1965. These lectures attracted considerable interest and after having been revised to take account of the changes that have occurred since November 1965, they appear now in this book in a form suitable for the general reader who has scientific and astronomical interests.

CONTENTS. - *I: Radio Galaxies in the Universe. - II: The Discovery of Quasars. - III: Optical Properties of Quasars. - IV: The Radio Properties of Radio Galaxies and Quasars. - V: Dynamics. - VI: Relativity. - VII: Cosmology. - VIII: Stars. - IX: Electron Processes. - X: Production of Fast Particles. - XI: Synthesis of the Elements. - XII: A Model of a Quasar.*

WICKRAMASINGHE, N. C. - **Interstellar Grains.** A vol. in-8 (Volume 9 of « *The International Astrophysics Series*), of X-154 pages, with many figures and tables. Chapman and Hall Ltd., London, 1967. Price, bound, sh. 65 in U.K. only.

Evidence for the presence of dark, obscuring matter in the Galaxy has been available from the beginning of this century. Now it could be proved that this obscuring matter, which dims and polarises star-light, consists of small, solid particles, the dimensions of which are of the order of the wavelength of visible light. This book discusses the available observational data that might be used to identify the chemical composition and precise sizes of the grains.

CONTENTS. - *I: Introduction. - II: The Theory of Light Scattering by Spherical Grains. - III: Interstellar Reddening Observations. - IV: Interstellar Polarisation Observations. - V: Observations of Reflection Nebulae and Diffuse Galactic Light. - VI: Interstellar Condensation Theories of Grain Formation. - VII: The Frequency Distribution of Ice Grain Sizes. - VIII: Condensation of Graphite Grains. - IX: Physical Properties of Interstellar Grains. - X: Optics of Grains. - XI: Alignment of Non-Spherical Grains. - XII: Conclusion.*

3

***. - **Landolt-Börnstein.** Zahlenwerte und Funktionen aus Naturwissenschaften und Technik. Neue Serie. Gesamtherausgabe K.-H. HELLWEGE. **Gruppe II: Atom- und Molekularphysik. Band 4: Molekelkonstanten aus Mikrowellenspektroskopischen Messungen,** von B. STARCK. Heraugeber K.-H. HELLWEGE und A. M. HELLWEGE. Ein Ban in-4, von X-226 Seiten, mit 67 Abbildungen. Springer-Verlag, Berlin, 1967. Preis, geb., DM. 110.

INHALT. - I. Einleitung. *I: Allgemeine Vorbemerkungen. - II: Anordnung der Tabellen. - III: Erfasste Literatur und Auswahl der Daten.* - II. Tabellen. *I: Uebersicht. - II: Zweiatomige Molekeln: Rotationskonstanten, Zentrifugalaufweitungskonstanten, Rotations-Schwingungswechselwirkungskonstanten, Isotopenmassenverhältnisse und Literaturnachweise für Strukturdaten. - III: Lineare Molekeln: Rotationskonstanten, Zentrifugalaufweitungskonstanten, Rotations-Schwingungswechselwirkungskonstanten, 1-Verdopplungskonstanten, Isotopenmassen, Fermiresonanz-Wechselwirkungskonstanten und Literaturnachweise für Strukturdaten. - IV: Symmetrische Kreiselmolekeln: Rotationskonstanten, Zentrifugalaufweitungskonstanten, Rotations-Schwingungswechselwirkungskonstanten, Isotopenmassen, 1-Verdopplungskonstanten, Coriolis-Kopplungskonstanten und Literaturnachweise für Strukturdaten. - V: Asymmetrische Kreiselmolekeln: Rotationskonstanten, Zentrifugalaufweitungskonstanten, Rotations-Schwingungswechselwirkungskonstanten, Coriolis-Kopplungskonstanten und Literaturnachweise für Strukturdaten. - VI: Dipolmomente.*

(Suite 3)

***. - **Le rôle de la Mécanique des fluides dans les progrès récents des techniques.** Rapports présentés aux Neuvièmes Journées de l'Hydraulique organisées par la Société Hydrotechnique de France, Paris 1-3 Juin 1966. Un vol. in-4, de XII-846 pages, avec 530 figures, 103 photographies et XXXVIII tableaux. Eyrolles, Editeur, Paris, 1967. Prix, broché, 215,78 F.

SOMMAIRE. - *I: Transport de fluides à longue distance par canalisation. - II: Paliers à gaz et joints tournants d'étanchéité. - III: Transmissions hydrauliques de puissance. - IV: Commande et automatisme par fluide. - V: Technique automobile. - VI: Techniques navales. - VII: Techniques du génie chimique.*

ALONSO, M. and FINN, R. J. - **Fundamental University Physics.** VOLUME I: **Mechanics.** A vol. in-8, of XVI-464 pages, with many figures and tables. VOLUME II: **Fields and Waves.** A vol. in-8, of XVIII-558 pages, with many figures and tables. Addison-Wesley Publishing Company, London, 1967. Price, bound, sh. 49 each.

CONTENTS. - **Volume I.** *I: Introduction. - II: Measurement and Units. - III: Vectors. - IV: Forces.* - I. Mechanics. *V: Kynematics. - VI: Relative Motion. - VII: Dynamics of a Particle. - VIII: Work and Energy. - IX: Dynamics of a System of Particles. - X: Dynamics of a Rigid Body. - XI: High-Energy Dynamics. - XII: Oscillatory Motion.* - II. Interactions and Fields. *XIII: Gravitational Interaction.* - **Volume II.** *XIV: Electric Interaction. - XV: Magnetic Interaction. - XVI: Static Electromagnetic Fields. - XVII: Time-Dependent Electromagnetic Fields.* - III. Waves. *XVIII: Wave Motion. - XIX: Electromagnetic Waves. - XX: Reflection, Refraction, Polarization. - XXI: Wave Geometry. - XXII: Interference. - XXIII: Diffraction. - XXIV: Transport Phenomena.*

BLOKHINTSEV, D. I. - **Mécanique quantique et applications à l'étude de la structure de la matière.** Préface de W. MERCOUROFF. Un vol. in-8, de VIII-624 pages, avec 93 figures et tableaux. Masson et C.ie Editeurs, Paris, 1967. Prix, cartonné toile, 85 F.

SOMMAIRE. - *I: Principes de la théorie des quanta. - II: Les bases de la mécanique quantique. - III: Représentation des grandeurs mécaniques par des opérateurs. - IV: Variation de l'état dans le temps. - V: Variation des grandeurs mécaniques dans le temps. - VI: Relations de la mécanique quantique avec la mécanique classique et l'optique. - VII: Bases de la théorie des représentations. - VIII: Théorie du mouvement des microparticules dans un champ de forces potentielles. - IX: Mouvement d'une particule chargée dans un champ électromagnétique. - X: Moments cinétique et magnétique propres de l'électron (spin). - XI: Théorie des perturbations. - XII: Applications les plus simples de la théorie des perturbations. - XIII: Théorie des collisions. - XIV: Théorie des transitions quantiques. - XV: Emission, absorption et diffusion de la lumière par les systèmes atomiques. - XVI: Passage des microparticules à travers une barrière de potentiel. - XVII: Problème à plusieurs corps. - XVIII: Applications les plus simples de la théorie du mouvement de plusieurs corps. - XIX: Systèmes de microparticules identiques. - XX: Seconde quantification et statistique quantique. - XXI: Atomes à plusieurs électrons. - XXII: Formation des molécules. - XXIII: Phénomènes magnétiques. - XXIV: Le noyau atomique. - XXV: Conclusion.*

BOROWITZ, S. - **Fundamentals of Quantum Mechanics.** Particles, Waves, and Wave Mechanics. A vol. in-8, of XIV-402 pages, with many figures. W. A. Benjamin, Inc., New York, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 13,90.

CONTENTS. - *I: Waves and Particles. - II: Wave Propagation. - III: Fourier Series, Fourier Integrals, and Related Topics. - IV: Wave Propagation and Optics. - V: Geometrical Optics. The Short Wavelength Limit. - VI: Dynamics. - VII: The Hamilton-Jacobi Theory of Dynamics. - VIII: The Schrödinger Wave Equation. - IX: Solution of Some One-Dimensional Problems. - X: Harmonic Oscillator. - XI: The Foundations of Wave Mechanics. - XII: Angular Momentum. - XIII: The Hydrogen Atom. - XIV: Perturbation Theory. - XV: Time-Dependent Perturbation Theory. - XVI: Systems of Identical Particles.*

(Suite 3)

BUNGE, M. - **Foundations of Physics.** A vol. in-8 (*Springer Tracts in Natural Philosophy*, Volume 10), of XII-312 pages, witb 5 figures. Springer-Verlag, Berlin, 1967. Price, bound, DM. 56.

This is not an introduction to physics but an analysis of its foundations. The aims of this book are: (1) to analyze the form and content of some of the key ideas of physics; (2) to formulate several basic physical theories in an explicit and orderly (i.e., axiomatic) fashion; (3) to exhibit their presuppositions and discuss some of their philosophical implications; (4) to discuss some of the controversial issue, and (5) to debunk certain dusty philosophical tenets that obscure the understanding of physics and hinder its progress. To the extent to which these goals are attaines, the volume can serve as a companion to studies in theoretical physics aiming at deepening the understanding of the logical structure and the physical meaning of our science.

CONTENTS. - Introduction: *Foundations Research.* I. Toolbox. *I: Form and Content. - II: Predicates. - III: Hypotheses. - IV: Theories. - V: Theory Checking.* - II. Protophysics. *I: Zerological Principles. - II: Physical Probabilities. - III: Chronology. - IV: Physical Geometry. - V: General Systems Theory. - VI: Analytical « Dynamics ».* - III. Classical Mechanics. *I: Particle Mechanics. - II: Continuum Mechanics.* - IV. Classical Field Theories. *I: Classical Electromagnetism. - II: Special Relativity. - III: General Relativity.* - V. Quantum Mechanics. *I: Quantum Heuristics. - II: Background and Building Blocks. - III: Comprehensive Postulates. - IV: Comprehensive Theorems. - V: Specific Postulates. - VI: Specific Theorems. - VII: Measurement Theory. - VIII: Debated Questions.*

CÉRÉSUELA, R. - **Etude aérodynamique d'un corps de rentrée portant en hypersonique.** Un op. in-8 (Note Technique N. 110), de 20 pages, avec 19 figures. Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales, Chatillon (France), 1967. Prix, broché, 11 F.

SOMMAIRE. - *I: Introduction. - II: Forme étudiée. - III: Moyens d'essais. - IV: Résultats. - V: Equilibrage longitudinal par élevons. - VI: Stabilité de route. - VII: Echauffement cinétique. - VIII: Conclusion. - IX: Notations.*

FLATO, M. - **Symétries de type lorentzien et interactions fortes.** Préface de A. LICHNEROWICZ. Un vol. in-8, de VIII-148 pages. Gauthier-Villars Editeur, Paris, 1967. Sans indication de prix.

Parmi les problèmes qui sont au coeur de la physique théorique contemporaine, ceux concernant l'élaboration d'une véritable théorie des particules élémentaires et la prévision des spectres de leurs masses se révèlent à la fois les plus passionnants et les plus difficiles. C'est à ces problèmes que le présent livre est consacré. Le lecteur y trouvera, développées d'un point de vue original, à la fois une analyse des tentatives présentes et une exploration méthodique de certaines voies nouvelles.

SOMMAIRE. - Prolégomènes: Quelques remarques sur les théories existantes des interactions fortes. - Introduction: Position du problème. *I: Groupes lorentziens et géométrie d'espace-temps. - II: Lien entre les formalismes interne et externe. - III: Applications à la théorie des interactions fortes.*

GALERNE, R. et ZAKHEIM, J. - **Analyse des erreurs en trajectographie à l'horloge.** Un op. in-8 (Note Technique N. 111), de 24 pages, avec 11 figures. Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales, Chatillon (France), 1967. Prix, broché, 13 F.

SOMMAIRE. - Première Partie. *I: Généralités. - II: Etude théorie de la précision sur la position. - III: Caractéristiques propres à la trajectographie à l'horloge. - IV: Précision dans la restitution de la vitesse.* - Deuxième Partie. *I: Généralités. - II: Examen des sources d'erreurs. - III: Choix de l'implantation des postes de mesure au sol et résultats d'exploration d'un plan de tir. - IV: Influence de l'erreur de synchronisation. - V: Influence d'une dérive de l'horloge embarquée.*

(Suite 3)

GIRARD, H. - **Application de la méthode du gradient à l'étude numérique des transferts à puissance limitée entre orbites circulaires coplanaires proches.** Comparaison avec la solution linéarisée. Un vol. in-4 (Note Technique N. 112), de 86 pages, avec nombreuses figures et tableaux. Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales, Chatillon (France), 1967. Prix, broché, 37 F.

SOMMAIRE. - *I: Méthodes d'optimisation. - II: Analyse du problème. - III: Méthode de calcul. - IV: Transfert cercle-à-cercle. Resultats numériques. Comparaison avec le linéarisé. - V: Conclusions et développements.* - Annexe *I: Méthode des gradients.* - Annexe II: *Bibliographie et références.* - Annexe III: *Méthode linéarisée.*

GUTMANN, F. and LYONS, L. E. - **Organic Semiconductors.** A vol. in-8, of XVIII-858 pages, with many figures and many tables. John Wiley & Sons, Inc., London, 1967. Price, bound, sh. 224.

The book provides a survey of the current research in the field—pointing up physical methods, organic chemicals and solid state theory. Physicists and chemists alike have felt the new demands of the study of the electrical properties of organic solids. Physicists have contributed the solid state concepts developed chiefly for the understanding of solid inorganic semiconductors, bonded covalently or ionically. The typical organic solid, however, is neither a giant covalently nor ionically bonded crystal, but a molecular crystal. The past experience of physicists has had to be extended into a new class of compounds. Chemists, familiar with the great variety of molecular structures possible in organic substances, have also found their past experience deficient. For example, the exceedingly high levels of purity necessary for electrical measurements have not been either required or attained in traditional chemistry. Also, the search for structures having certain desired electrical properties has placed a new emphasis on such things as conjugated unsaturated polymeric chains and on charge transfer complexes. The book, therefore, shows that the field is still in a state of flux, both theoretically and experimentally and emphasizes the central problem in organic semiconductivity, i.e. to understand how electric charge, or electric energy is transported through a molecular and often highly disordered solid over distances that are very large on an atomic or molecular scale. The results of research applicable to many other fields are shown.

CONTENTS. - *I: Some Basic Notions in Solid State Physics. - II: Observables. - III: Sample Preparation. - IV: Band Theory of Molecular Crystals. - V: Excited States of Molecular Crystals. - VI: Ionized States. - VII: Tunneling and Hopping Models. - VIII: Review of Published Data. - IX: Semiconductivity and Structure. - X: Space Charge Effects. - XI: Retrospect, Outlook, and Speculations. Summary.*

HARNWELL, G. P. and LEGGE, G.J.F. - **Physics. Matter, Energy and the Universe.** A vol. in-8, of XVI-558 pages, with many figures and tables. Reinhold Publishing Corporation, New York, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 11,00.

The chapters of this book were initially prepared as lectures for an introductory physics course designed for students who did not anticipate a career in physics or its technical applications. The purpose was to introduce these students to the quantitative concepts and procedural definitions of this science in order that they might develop both an understanding and an appreciation of the description of physical phenomena in terms of the properties of elementary particles. The objective of this book is the same, and the discussion of classical physics is limited to those aspects that are directly relevant to a comprehension of the modern particle concept of matter.

CONTENTS. - *I: The Nature of Physics. - II: Concepts and Units of Physical Measurement. - III: The Concepts of Force and Momentum and the Relationship between them. - IV: Work and Energy and the Conservation Laws Relating to Momentum and Energy. - V: The Universal Law of Gravitation and the Motion of Bodies under its Influence. - VI: Simple Harmonic Motion and Waves. - VII: The Propagation of Light and the Special Theory of Relativity. - VIII: Implications of the Special Theory of Relativity for Mechanics and the More General Theory of Relativity. - IX: Electricity. - X: Moving Charges or Electric Currents. - XI: Magnetism; Circulating and Rotating Electric Charges. - XII: The Concept of Atomicity and the Determination of Atomic Masses. - XIII: The Electrical Properties of Atoms and their Constituents. - XIV: The Interaction of Radiant Energy and*

(Suite 3)

Electrons; the Extension of the Concept of Wave Motion to the Atomic Domain. - XV: Radiation from Atomic Systems and the One-Electron Atom. - XVI: Polyelectronic Atoms and Molecules. - XVII: Equilibrium Conditions Characterizing Large Aggregates of Atoms and Molecules. - XVIII: The Relation of the Concepts of Heat and Temperature to the Expression for Statistical Equilibrium. - XIX: The Fluid State of Matter. - XX: The Solid State of Matter. - XXI: Techniques of Atomic Measurement. - XXII: Radioactivity. - XXIII: Atomic Nuclei and their Constituents. - XXIV: The Generation and Annihilation of Particles. - XXV: Neutrinos and the Interactions between Leptons and Nucleons. - XXVI: The Fission of Atomic Nuclei and Nuclear Reactors. - XXVII: Nuclear Fusion Reactions and Cosmic Rays. - XXVIII: High-Energy Particle Events.

HÉLOU, R. - **Dynamomètres de grande rigidité.** Capacité de 1000 à 50.000 daN. Un op. in-8 (Note Technique N. 109), de 14 pages, avec figures et planches. Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales, Chatillon (France), 1967. Prix, broché, 8 F.

SOMMAIRE. - *I: Description générale. - II: Equipement de mesure. - III: Branchements. - IV: Protection. - V: Conditions d'utilisation. - VI: Notations. - VII: Caractéristiques de dynamomètres.*

MALAMAND, F. - **Dosage des éléments oxygène, azote, carbone et silicium dans les métaux réfractaires et leurs alliages, par spectrométrie d'émission dans l'ultraviolet lointain.** Un fasc. in-8 (Note Technique N. 105), de 42 pages, avec 19 figures et IX tableaux. Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales, Chatillon (France), 1967. Prix, broché, 20 F.

SOMMAIRE. - *I: Introduction. - II: Le principe de la méthode de dosage simultané des éléments non métalliques dans la région ultraviolet lointain. - III: Description de l'appareil. - IV: Choix des raies d'analyse pour l'oxygène, l'azote, le carbone et le silicium. - V: Mode opératoire. - VI: Dosage de l'oxygène, de l'azote, du carbone et du silicium dans les métaux réfractaires Nb, Ta, Mo. - VII: Reproductibilité des résultats. - VIII: Avantages de la méthode d'analyse par spectrométrie sous vide. - IX: Conclusion.*

ROIG, J. - **Optique physique.** TOME I: **Propagation. Cohérence. Interférences.** Un vol. in-8, de 352 pages, avec 135 figures. Masson et C.ie, Editeurs, Paris, 1967. Prix, cartonné, 46 F.

SOMMAIRE. - *I: Généralités sur les vibrations. - II: Hypothèses fondamentales de l'optique géométrique. Eléments de photométrie. - III: Propagation d'un mouvement vibratoire. Ondes planes. Ondes stationnaires. Equation de propagation. - IV: Propagation d'une onde sphérique. Passage d'une onde sphérique par un foyer. - V: Le principe de Huyens-Fresnel. Vibrations scalaires. - VI: Equations fondamentales de la théorie électromagnétique. - VII: Vitesse de la lumière dans le vide et dans les milieux matériels. - VIII: Dispersion et absorption. - IX: Généralités sur les phénomènes d'interférences en optique. - X: Franges non localisées. - XI: Contraste des franges. Définition expérimentale de la cohérence. - XII: Etude générale de la cohérence. - XIII: Franges localisées. - XIV: Interféromètres. - XV: Applications des interféromètres. - XVI: Spectromètres interférentiels.*

VON KÁRMÁN, Th. - **De l'Aérodynamique à l'Astronautique.** Traduit de l'anglais per F. M. HENRY. Un vol. in-8, de 96 pages, avec 62 figures. Gauthier-Villars, Paris, 1967. Prix, broché, 24 F.

Ce livre, rédigé d'après les conférences du Professeur von Kármán, tenues les 28 et 29 avril 1961 chez l'Institut de la Dynamique des Fluides et des Mathématiques Appliquées de l'Université de Maryland, reprend du point de vue de cette éminente autorité en cette matière, l'histoire intégrale du développement de l'Aérodynamique appliquée au vol.

SOMMAIRE. - *I: Introduction. - II: Aérothermodynamique. - III: Aérothermochimie. - IV: Dynamique des gaz raréfiés. - V: Magnéto-dynamique des fluides.*

4

***. - **Progress in Inorganic Chemistry.** VOLUME 8. Edited by F. A. COTTON. A vol in-8, of VIII-488 pages, with figures and many tables. John Wiley & Sons, Inc. London, 1967. Price, bound, sh. 130.

CONTENTS. - *I: Chemical Applications of Mössbauer Spectroscopy*, by R. H. HERBER. - *II: The Clathrate Hydrates*, by G. A. JEFFREY and R. K. MCMULLAN. - *III: Eight-Coordination Chemistry*, by S. J. LIPPARD. - *IV: Complexes Containing the Nitrate Ion*, by C. C. ADDISON and D. SUTTON. - *V: The Chemistry of Bivalent Tin*, by J. D. DONALDSON. - *VI: Intervalence Transfer Absorption. Part 1. Qualitative Evidence for Intervalence-Transfer Absorption in Inorganic Systems in Solution and in the Solid State*, by G. C. ALLEN and N. S. HUSH. - *VII: Intervalence Transfer Absorption. Part 2. Theoretical Considerations and Spectroscopic Data*, by N. S. HUSH.

SANDERSON, R. T. - **Inorganic Chemistry.** A vol. in-8, of XII-430 pages, with many figures and many tables. Reinhold Publishing Corporation, New York, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 15,50.

CONTENTS. - *I: Atomic Structure and the Periodic Law. - II: Nonpolar Covalence. - III: The Nonmetals: Occurrence, Structure, and Physical Properties. - IV: Metallic Elements: Isolation, Bonding, Structure, and Physical Properties. - V: Periodicity of Physical Properties of the Elements. - VI: Electronegativity, Bond Polarity, and Partial Charge. - VII: Principles of Coordination Chemistry. - VIII: Molecular and Crystal Structure. - IX: Bond Energy and « Ionic » Bonding. - X: Principles of Chemical Reaction. - XI: Solution Chemistry. - XII: Oxygen and Oxides. - XIII: Sulfides, Selenides, and Tellurides. - XIV: Binary Compounds of Hydrogen. - XV: Complex Hydrides. - XVI: Fluorides. - XVII: Chlorides. - XVIII: Bromides. - XIX: Iodides. - XX: Nitrides, Azides, and Pseudohalogens. - XXI: Introduction to Organometallic Chemistry. - XXII: Periodicity of Coordination Chemistry. - XXIII: Summary of Major Group Chemistry, by Groups. - XXIV: Summary of Transitional and Inner Transitional Chemistry.* - Supplement: *Calculation of Multiple Bond Energy.*

5

***. - **Carbonate Rocks.** PART A: **Origin, Occurrence and Classification.** PART B: **Physical and Chemical Aspects.** Edited by G. V. CHILINGAR, H. J. BISSELL and R. W. FAIRBRIDGE. Two vols. in-8 (*Developments in Sedimentology*, 9A and 9B), of 472 and 414 pages, with many figures, tables and plates. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1967. Price, bounds, Dfl. 75 each volume.

CONTENTS. - **Part A.** *I: Introduction*, by R. W. FAIRBRIDGE, G. V. CHILINGAR and H. J. BISSELL. - *II: Modern Carbonate Sediments*, by W. H. TAFT. - *III: Petrology and Petrography of Carbonate Rocks*, by Y. GUBLER, J. P. BERTRAND, L. MATTAVELLI, A. RIZZINI and R. PASSEGA. - *IV: Classification of Sedimentary Carbonate Rocks*, by H. J. BISSELL and G. V. CHILINGAR. - *V: Origin and Occurrence of Limestones*, by J. E. SANDERS and G. M. FRIEDMAN. - *VI: Origin and Occurrence of Dolostones*, by G. M. FRIEDMAN and J. E. SANDERS. - *VII: Carbonate Oil Reservoir Rocks*, by J. W. HARBAUGH. - *VIII: Carbonate Rocks and Paleoclimatology in the Biochemical History of the Planet*, by R. W. FAIRBRIDGE. **Part B.** *I: Introduction*, by R. W. FAIRBRIDGE, G. V. CHILINGAR and H. J. BISSELL. - *II: Elemental Composition of Carbonate Skeletons, Minerals, and Sediments*, by K. H. WOLF, G. V. CHILINGAR and F. W. BEALES. - *III: Physical Chemistry of Formation of Carbonates*, by W. H. TAFT. - *IV: Chemistry of Dolomite Formation*, by K. J. HSU. - *V: Stable Isotope Distribution in Carbonates*, by E. T. DEGENS. - *VI: Influence of Pressure and Temperature on Limestones*, by B. L. MAMET and M. D'ALBISSIN. - *VII: The Origin of Petroleum in Carbonate Rocks*, by J. M. HUNT. - *VIII: Techniques of Examining and Analyzing Carbonate Skeletons, Minerals, and Rocks*, by K. H. WOLF, A. J. EASTON and S. WARNE. - *IX: Properties and Uses of the Carbonates*, by F. R. SIEGEL.

(Suite 5)

***. - **Fundamental Aspects of Petroleum Geochemistry.** Edited by B. NAGY and U. COLOMBO. A vol. in-8, of VI-388 pages, with many figures and tables. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1967. Price, bound, Dfl. 72.

The purpose of this book is to present the modern views on the fundamental aspects of petroleum geochemistry. Growing interest in petroleum geochemistry by the petroleum industry, especially by exploration and production departments, as well as by organic geochemists and chemists in general, makes such a presentation most desirable. A number of active research workers, each of them recognized authors in their own fields, have been invited to contribute chapters. Recent and older works are brought together in a proper perspective in these reviews. Important aspects such as petroleum geology, the role of clay minerals in petroleum geochemistry, hydrocarbons and non-hydrocarbon compounds, and asphaltic substances, are thoroughly discussed. The book does not attempt to cover the field completely, but rather emphasizes some of the more significant subjects of petroleum geochemistry. For example, discussions of porphyrins and asphaltenes are among the subjects. The results of the most modern techniques have been summarized and are brought here to the reader's attention. A great variety of scientists and engineers who are engaged in or otherwise have an interest in the petroleum industry will certainly find this work of great value and interest.

CONTENTS. - *I: Oil and Gas Accumulations, and Some Allied Deposits*, by G. D. HOBSON. - *II: The Significance of Clay Minerals in Sediments*, by C. E. WEAVER. - *III: Petroleum Hydrocarbons*, by M. A. BESTOUGEFF. - *IV: Non-Hydrocarbon Compounds in Petroleum*, by G. COSTANTINIDES and G. ARICH. - *V: Geochemistry of Porphyrins*, by G. W. HODGSON, B. L. BAKER and E. PEAKE. - *VI: The Asphaltic Components of Petroleum*, by P. A. WITHERSPOON and R. S. WINNIFORD. - *VII: A Geochemical Evaluation of Petroleum Migration and Accumulation*, by E. G. BAKER. - *VIII: Origin and Evolution of Petroleum*, by U. COLOMBO.

***. - **Physical Methods in Determinative Mineralogy.** Edited by J. ZUSSMAN. A vol. in-8, of XII-514 pages, with many figures and tables. Academic Press, London, 1967. Price, bound, sh. 126.

Three main kinds of physical method may be used for the determination of the nature and chemical composition of minerals. The first uses the precise measurement of a physical property (e.g. density, hardness, refractive index, reflectivity), the second records a characteristic electromagnetic spectrum (e.g. optical emission or absorption, infrared absorption, X-ray fluorescence) and the third uses a characteristic diffraction pattern (e.g. X-ray or electron diffraction). Methods such as these, and others for which many geological research laboratories are, or can reasonably be, equipped, are dealt with in this book. There is also a chapter on mineral separation. The physical methods described are applicable not only to rocks and minerals, but also to such materials as ceramics, refractories, glasses and cements. Thus the book should be useful not only to those working in the geological sciences, but also to the wider range of researchers concerned with « materials science ». It is written with the laboratory research worker primarily in mind, but the treatments in many chapters are such that they may be of value also to the advanced student or post-graduate student who has not yet embarked upon research.

CONTENTS. - *I: Mineral Separation*, by L. D. MULLER. - *II: Microscopy: Transmitted Light*, by I. D. MUIR. - *III: Microscopy: Reflected Light*, by S. H. U. BOWIE. - *IV: X-ray Fluorescence Spectrography*, by K. NORRISH and B. CHAPPELL. - *V: Electron Probe Microanalysis*, by J. V. P. LONG. - *VI: X-ray Diffraction*, by J. ZUSSMAN. - *VII: Electron Microscopy and Electron Diffraction*, by J. D. C. MCCONNELL. - *VIII: Infrared Absorption Spectroscopy*, by R. J. P. LYON. - *IX: Thermal Techniques*, by R. J. W. MC LAUGHLIN. - *X: Emission Spectrography (with Appendix on Spark Source Mass Spectrography)*, by G. D. NICHOLLS. - *XI: Density Determination*, by L. D. MULLER. - *XII: Autoradiography*, by S. H. U. BOWIE. - *XIII: Atomic Absorption Spectroscopy*, by R. J. W. MCLAUGHLIN.

***. - **The Earth's Mantle.** Edited by T. F. GASKELL. A vol. in-8, of XIV-510 pages, with many figures and tables. Academic Press London, 1967. Price, bound, sh. 140.

(Suite 5)

The realisation a few decades ago that the oceans, which cover two thirds of the earth's surface, hide a great deal of evidence about the inner constitution of the earth, has led to experiments which allow a new advance in our knowledge of how the earth is constructed. The upsurge in oceanographic measurements is now being followed by a new regional view of the land, so that rapid strides are being made to learn more about the earth as a planet — before the space scientists leap ahead by telling us what Mars or the Moon are made of. In this volume are collected the facts that we have accumulated over the centuries in man's efforts to satisfy his curiosity about what is inside the earth. This collection of authoritative articles by experts in their various fields lays down the background information for future studies, and also includes a forward look to indicate the direction in which modern earth science research is going.

CONTENTS. - *I: Introduction*, by T. F. GASKELL. - *II: Basic Evidence for Earth Divisions*, by K. E. BULLEN. - *III: Low-Velocity Layers*, by I. LEHMANN. - *IV: Gravitational Considerations*, by A. H. COOK. - *V: Volcanological and Petrological Evidences Regarding the Nature of the Upper Mantle*, by H. KUNO. - *VI: Density, Strength and Constitution of the Mantle*, by S. P. CLARK, JR. and A. E. RINGWOOD. - *VII: Magnetic Variations and Telluric Currents*, by A. T. PRICE. - *VIII: Thermal Convection in the Earth's Mantle*, by L. KNOPOFF. - *IX: Surface Heat Flow and Some Implications for the Mantle*, by R. P. VON HERZEN. - *X: Theory of Thermal State of the Earth's Mantle*, by E. A. LUBIMOVA. - *XI: Towards a Theory of Thermal Convection in the Mantle*, by D. C. TOZER. - *XII: Latest Information from Seismic Observations*, by Don L. ANDERSON. - *XIII: Geochemistry of the Mantle*, by E. L. P. MERCY. - *XIV: Theories of Building of Continents*, by J. TUZO WILSON. - *XV: Wandering Continents*, by S. K. RUNCORN.

KITAIGORODSKIY, A. J. - **Order and Disorder in the World of Atoms.** Edited by S. CHOMET. A vol. in-8 (Vol. 3 of the Series *The Heidelberg Science Library*), of VIII-136 pages, with 71 figures. Springer-Verlag, Berlin, 1967. Price, unbound, DM. 11,20.

The main aim of this volume is to examine whether the atoms and molecules constituting the world around us are distributed in space in a random and disordered fashion, like pebbles on a beach, or in an ordered pattern like the cells of a honeycomb.

CONTENTS. - *I: Disorder. - II: Order. - III: Elements of Order in Disorder. - IV: Elements of Disorder in Order. - V: Order and Disorder in the World of Large Molecules. - VI: Transitions between Order and Disorder. - VII: Order or Disorder?*

6

***. - **Discovery Reports.** Issued by the National Institute of Oceanography. Vol. XXXIV, pp. 199-394: **Polyzoa (Bryozoa) — Ascophora — from North New Zealand,** by N. A. POWELL. A vol. in-4, of 196 pages, with 106 text-figures and XVII plates. Cambridge University Press, London, 1967. Price, unbound, Lgs. 8.8.

CONTENTS. - *I: List of Species Discussed. - II: Introduction. - III: Acknowledgements. - IV: General Discussion of the Fauna. - V: List of Stations and of Species Collected at Each. - VI: Morphology of the Orifice. - VII: Phylogeny of the Ascophoran Frontal Wall. - VIII: Morphology of the Ovicell. - IX: General Arrangement of Supra-Generic Categories. - X: Systematics. - XI: Notes on Some Associations. - XII: Distribution.* - I. Palaeo-Distribution of Some North New Zealand Ascophora. - II. Analysis of the North New Zealand Ascophoran Fauna in Terms of Recent Distribution. - Appendix A: *Revision of A. A. Livingstone's (1929) Identifications of New Zealand Ascophora.* - Appendix B: *Revision of D. A. Brown's (1952a, 1954b) Identifications of New Zealand Tertiary Ascophora.* - Appendix C: *Observations on Some Australian Polyzoa (Ascophora).*

***. - **Enzyme Cytology.** Edited by D. B. RODYN. A vol. in-8, of XX-588 pages, with many figures and tables. Academic Press, London, 1967. Price, bound, sh. 140.

Enzyme cytology is a relatively new scientific discipline concerned with the elucidation of the enzymic properties of sub-cellular components. This new hybrid, a remar-

(Suite 6)

kable synthesis of the two great disciplines of Enzymology and Cytology, has contributed a series of findings of the utmost significance to biology. This book brings these findings together, covering the whole field of enzyme cytology in one volume. After an introductory chapter on general principles, there follow chapters on nuclei, mitochondria, peroxisomes, chloroplasts, lysosomes, membranes, ribosomes and cell sap. The general design of the chapters is more or less the same, with each subject being surveyed in a comprehensive fashion, without excessive emphasis on the authors' own special fields of research. The book therefore attempts to give a balanced view of the whole subject, and is not simply a collection of specialist reviews. The text is further brought together by an extensive subject index, and for easy reference the enzymes discussed are listed according to their Enzyme Commission numbers. Some suggestions for terminology in enzyme cytology have been included as an appendix.

CONTENTS. - *I: General Principles*, by C. DE DUVE. - *II: The Nucleus*, by G. P. GEORGIEV. - *III: The Mitochondrion*, by D. B. ROODYN. - *IV: The Chloroplast*, by D. O. HALL and F. R. WHATLEY. - *V: Lysosomes Phagosomes and Related Particles*, by W. STRAUS. - VI: *Membrane Systems*, by E. REID. - *VII: Ribosomal Enzymes*, by D. ELSON. - *VIII: The Soluble Phase of the Cell*, by N. G. ANDERSON and J. G. GREEN.

***. - **In Vivo Techniques in Histology.** Edited by G. H. BOURNE, with 18 Contributors. A vol. in-8, of X-308 pages, with many figures and tables. The Williams & Wilkins Company, Baltimore, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 15,00.

There is a tendency to think of histology in terms of fixed and stained tissue mounted on a glass slide and examined through a microscope. This provides an erroneous conception of tissues as something static, chereas *in vivo* they are living, vibrant, metabolizing structures. Even from a molecular point of view, there is a continuous ebb and flow. While *In Vivo Techniques in Histology* cannot show the latter, it does serve to demonstrate the dynamic nature of the organs and tissues of the body and also demonstrates the why and how of some pathologic changes. All the contributors to this volume have made important contributions in this field. Probably not all the types of techniques available are included, but certainly there are representative samples. Since this book is designed to interest research workers, teachers, and students in this area of study, the various chapters are concentrated more on the description of the technique rather than results. Using this book as a starter, together with the relevant literature cited, it would be possible for any interested person to develop the appropriate technique in his own laboratory.

CONTENTS. - *I: Intracellular pH*, by E. E. BITTAR. - *II: Interference Microscopy*, by J. CHAYEN. - *III: Biologic Applications of the Electron Probe Analyzer*, by K. G. CARROLL. - *IV: The Use of Transplanted Tissues in Biology and Histology*, by H. S. N. GREENE. - *V: The Transparent Chamber Method as Applied to Rabbit Ears*, by R. G. WILLIAMS. - *VI: Fused Quartz Rod Living Tissue Illuminators*, by M. H. KNISELY. - *VII: Color Cinephotomicroscopy of the Living Microvascular System*, by J. H. JOHNSON and S. WOOD, JR. - *VIII: A Preparation for Microscopic Observation of Circulation in the Unanesthetized Animal*, by M. P. WIEDEMAN. - *IX: Eight Millimeter Cinemicroscopy of a Transparent Chamber in the Skin of the Rat*, by D. TREVAN and S. YOUNG. - *X: A New Technique for Studying the Microcirculation of the Skin*, by T. J. RYAN. - *XI: Capillary Microscopy in Psoriasis and Other Skin Diseases*, by R. H. CHAMPION. - *XII: Some Aspects of the Physiology of Veins in Man*, by J. M. K. SPALDING. - *XIII: Thoracic Windows for the Study of Living Pulmonary Histology and Physiology*, by V. E. KRAHL. - *XIV: Fluorescence Techniques in the Study of the Microcirculation of the Kidney*, by J. FOURMAN and D. B. MOFFAT. - *XV: The Contribution of Observations on Leptomeningeal Vessels to Vascular Disorders*, by R. W. R. RUSSEL. - *XVI: The Shelden Lucite Calvarium for Direct Observation of the Brain*, by G. H. BOURNE. - *XVII: Biomicroscopic and Microphysiologic Studies*, by C. ESTABLE.

RICHTER, H. - **Mechanismen der Zellwandfärbung mit Basischen Farbstoffen.** Mit Einem Beitrag zur Bestimmung von Pektinkonzentrationen in Situ. Ein Band in-8 (*Botanische Studien*, Heft 17), von 72 Seiten, mit XI Tabellen im Text und Einer Formeltafel. Veb Gustav Fischer Verlag, Jena, 1967. Preis, geh., DM. 14,40.

(Suite 6)

INHALT. - *I: Zur Theorie der elektroadsorptiven Zellwandfärbung. - II: Theoretische Bedeutung und Aussagewert der metachromatischen Fluoreszenzfärbung mit Akridinfarbstoffen. Die Trypaflavinmethode. - III: Verseifung und Veresterung in situ. - IV: Die Umschlagspunkte der Gewebe in den Stengeln krautiger Pflanzen. - V: Substantive Direkfärbung von Zellwänden mit Akridinfarbstoffen.*

ROGERS, A. W. - **Techniques of Autoradiography.** A vol. in-8, of XII-336 pages, with 76 figures. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1967. Price, bound, Dfl. 55.

CONTENTS. - *I: The Uses of Autoradiography. - II: Nuclear Emulsions and the Photographic Process. - III: The Response of Nuclear Emulsions to Ionising Radiations. - IV: The resolution of Autoradiographs. - V: The Efficiency of Autoradiographs. - VI: Autoradiographic Background. - VII: The Microscopy and Microphotography of Autoradiographs. - VIII: Relative Measurements of Radioactivity: Theoretical Considerations. - IX: Relative Measurements of Radioactivity: Grain and Track Counting. - X: Absolute Measurements of Radioactivity. - XI: The Planning of Autoradiographic Experiments. - XII: Histological Techniques and Autoradiography. - XIII: The Autoradiography of Radioisotopes in Soluble Form. - XIV: The Stripping-Film Technique. - XV: Liquid-Emulsion Techniques for Grain-Density Autoradiographs. - XVI: Liquid-Emulsion Techniques for Track Autoradiography. - XVII: Autoradiography with the Electron Microscope. - XVIII: The Autoradiography of Macroscopic Specimens.*

7

***. - **Comprehensive Biochemistry.** Edited by M. FLORKIN and E. H. STOTZ. **Volume 27: Photobiology, Ionizing Radiations.** A vol. in-8, of XVI-384 pages, with 104 figures and XXIII tables. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1967. Price, bound, Dfl. 55.

The interaction of electromagnetic radiation and biological material is the general subject in the eight chapters of Volume 27 of Comprehensive Biochemistry, one of the larger volumes in the series.

CONTENTS. - *I: Phototropism*, by K. V. THIMANN. - *II: Biochemistry of Visual Processes*, by C. D. B. BRIDGES. - *III: Bioluminescence*, by F. H. JOHNSON. - *IV: Photosensitization*, by M. I. SIMON. - *V: The Effects of Ultraviolet Radiation and Photoreactivation*, by J. K. SETLOW. - *VI Phytochrome and Photoperiodism in Plants*, by S. B. HENDRICKS and H. W. SIEGELMAN. - *VII: Photosynthesis*, by L. N. M. DUYSENS and J. AMESZ. - *VIII: Effects of Ionizing Radiations on Biological Macromolecules*, by P. ALEXANDER and J. T. LETT.

***. - **Comprehensive Biochemistry.** Edited by M. FLORKIN and E. H. STOTZ. **Volume 28: Morphogenesis, Differentiation and Development.** A vol. in-8, of XII-276 pages, with figures and tables. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1967. Price, bound, Dfl. 42,50.

The newer developments in the role of DNA and types of RNA in biochemical genetics and protein synthesis, and modern methods in enzymology, are abundantly evident in the six chapters of this volume.

CONTENTS. - *I: Fertilization*, by A. MONROY. - *II: Behaviour of Nucleic Acids During Early Development*, by J. BRACHET. - *III: Biochemical Pathways in Embryos*, by E. SCARANO and G. AUGUSTI-TOCCO. - *IV: Factors of Embryonic Induction*, by T. YAMADA. - *V: Biochemistry of Amphibian Metamorphosis*, by R. WEBER. - *VI: Biochemical Correlations in Insect Metamorphosis*, by L. I. GILBERT.

***. - **Evolutionary Biology.** VOLUME I. Edited by T. DOBZHANSKY, M. K. HECHT and W. C. STEERE. A vol. in-8, of XII-444 pages, with many figures and tables. North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1967. Price, bound, guilders 60.

(Suite 7)

This book will be an annual hardcover publication containing critical reviews, commentaries, and original papers concerned with the multivarious aspects of evolutionary biology. Since evolution represents a unifying principle in biolcgy, *Evolutionary Biology* will cover a vast array of disciplines, from paleontology to molecular biology; and of subject matter, from microbes to man.

CONTENTS. - *I: Chemival Evolution*, by M. CALVIN. - *II: The Evolution of Brain Achievements*, by B. RENSCH. - *III: Variation and the Taxonomy of the Early Hominids*, by J. T. ROBINSON. - *IV: Adaptive Radiation and Trends of Evolution in Higher Plants*, by G. L. STEBBINS. - *V: Permanent Heterozygosity*, by H. L. CARSON. - *VI: Use of Computers in Studies of Taxonomy and Evolution*, by D. J. ROGERS, H. S. FLËMING and G. ESTABROOK. - *VII: Biochemical Systematics*, by R. E. ALSTON. - *VIII: Genetic Loads in Maize* (Zea Mays *L.*) *and Other Cross-Fertilized Plants and Animals*, by D. W. CRUMPACKER.

***. - **Physiology of Echinodermata.** A collective effort by a group of experts, edited by R. A. BOOLOOTIAN. A vol. in-8, of XVIII-822 pages, with many figures and tables. John Wiley & Sons, Inc., London, 1966. Price, bound, sh. 360.

In this book, authorities in the field give a detailed, scholarly account of existing knowledge of the biology and biochemistry of echinoderms. It presents some previously unpublished information in the field, focuses attention on unanswered questions, and sets the stage for future investigation. Includes a bibliography of all major publications dealing with echinoderms.

CONTENTS. - *I: General Biology of Echinoderms*, by H. BARRACLOUGH FELL and D. L. PAWSON. - *II: Ecology of Crinoids*, by H. BARRACLOUGH FELL. - *III: Ecology of Holothurians*, by D. L. PAWSON. - *IV: Ecology of Echinoids*, by H. B. MOORE. - *V: Aspects of Asteroid Biology*, by H. M. FEDER and A. M. CHRISTENSEN. - *VI: The Ecology of Ophiuroids*, by H. BARRACLOUGH FELL. - *VII: Echinoderms and the Control of Behavior in Associations*, by D. DAVENPORT. - *VIII: The Complex Behavior of Echinoderms*, by E. S. RÉESE. - *IX: Functional Morphology of the Water-Vascular System*, by D. NICHOLS. - *X: The Respiratory Physiology of Echinoderms*, by A. FARMANFARMAIAN. - *XI: Pigmentation*, by H. G. VEVERS. - *XII: The Comparative Biochemistry of Pigments*, by D. L. FOX and T. S. HOPKINS. - *XIII: The Coelomocytes and Coelomic Fluids*, by R. ENDEAN. - *XIV: Aspects of Nutritional Physiology*, by J. M. ANDERSON. - *XV: Salinity Tolerance and Ionic Regulation*, by J. BINYON. - *XVI: The Endoskeleton*, by D. M. RAUP. - *XVII: Growth, Autotomy, and Regeneration*, by E. F. SWAN. - *XVIII: Photosensitivity*, by M. YOSHIDA. - *XIX: Coordination of Spine Movement in Echinoids*, by N. MILLOTT. - *XX: Light Production*, by N. MILLOTT. - *XXI: The Form and Functions of the Nervous System*, by J. E. SMITH. - *XXII: Muscle Physiology*, by K. TAKAHASHI. - *XXIII: Pharmacology*, by C. B. ALENDER and F. E. RUSSELL. - *XXIV: Neurohumors and Neurosecretion*, by J. H. WELSH. - *XXV: Reproductive Physiology*, by R. A. BOOLOOTIAN. - *XXVI: Determinism of Sex*, by R. DELAVAULT. - *XXVII: The Gametes: Some Procedures and Properties*, by A. TYLER and B. S. TYLER. - *XXVIII: Physiology of Fertilization and Early Development*, by A. TYLER and B. S. TYLER. - *XXIX: Amino Acid Metabolism in the Developing Embryo*, by A. MONROY and R. MAGGIO. - *XXX: On the Biochemical Constitution of Some Echinoderms*, by A. C. GIESE.

***. - **Techniques in Protein Biosynthesis.** Edited by P. N. CAMPBELL and J. R. SARGENT. **Volume I.** A vol. in-8, of XII-336 pages, with many figures and tables. Academic Press, London, 1967. Price, bound, sh. 80.

This multi-author work aims to provide an introduction to the methods used by those engaged in research on the biosynthesis of proteins. White the number of original publications in this field continues to increase, the variety of methods used have in the main reached a more stable equilibrium. It is believed, therefore, that it is timely to bring together a volume in which the attention is directed to practical techniques. The authors chosen are all actively engaged in research and their contributions will help all new entrants to the field but especially those who are not able to learn the techniques at first hand and who require some general guide to the literature. Experiments on both animal tissues and micro-organisms are covered. The editors have provided a theoretical introduction in order to orientate the later chapters and the book ends with an appendix containing details of some methods used frequently in the laboratory.

(Suite 7)

CONTENTS. - *I: Introduction*, by P. N. CAMPBELL and J. R. SARGENT. - *II: Methodological Aspects of Protein Synthesis in Mammalian Systems*, by A. VON DER DECKEN. - *III: Biosynthesis of Specific Proteins in Mammalian Systems*, by J. R. SARGENT. - *IV: The Biochemistry of the Genetic Code*, by M. S. BRETSCHER and O. W. JONES. - *V: Isolation of Ribonucleic Acids for Studies in Protein Biosynthesis*, by K. S. KIRBY.

ALBRECHT, F. O. - **Polymorphisme phasaire et biologie des acridiens migrateurs.** Préface de Sir B. UVAROV. Un vol. in-8 (de la collection *Les Grands Problèmes de la Biologie*), de X-194 pages, avec 52 figures et I planche hors texte en couleurs. Masson et C.ie, Editeurs, Paris, 1967. Prix, cartonné toile, 50 F.

Cet ouvrage, qui s'adresse aux biologistes non spécialisés, est consacré au problème de la grégarisation des Acridiens. L'ouvrage commence par une étude comparée des différents types de polymorphisme, suivie d'une énumération des principaux Acridiens grégaires de l'Ancien Monde, et d'une description de leurs aires de répartition géographique. L'auteur souligne ensuite les caractères morphologiques, physiologiques et éthologiques qui opposent les animaux solitaires et grégaires. Il décrit, dans la mesure où les données actuelles le permettent, les mécanismes responsables du conditionnement phasaire. Ces modifications se traduisent elles-mêmes par des répercussions écologiquement et économiquement importantes. L'auteur passe en revue à ce propos les avantages que la grégarisation confère à l'espèce, en ce qui concerne l'adaptation à l'instabilité du milieu. Les dernières hypothèses concernant la périodicité des pullulations sont envisagées, en même temps que sont soulignées les lacunes des connaissances actuelles concernant ce problème de premier ordre pour la protection des cultures.

SOMMAIRE. - *I: Morphologie, anatomie, physiologie.* - *II: Comportement.* - *III: Ecologie* sensu stricto *et biogéographie.*

HAGGIS, G. H. - **The Electron Microscope in Molecular Biology.** A vol. in-4, of 84 pages, with many figures. Longmans, Green and Co. Ltd., London, 1966. Price, unbound, sh. 24.

The aim of this book is to provide, in the first place, a collection of electron micrographs to supplement the illustrations in other textbooks. The present book in fact provides a further ninety relevant micrographs and drawings, arranged as an independent introduction to high-magnification electron microscopy at the molecular, or near-molecular, level. It is intended primarily for second and third year undergraduate students in biology and medicine. The notes accompanying the pictures should prove self-sufficient up to a point, but they are really written as a guide to the electron microscope literature. In each section the micrographs and drawings are chosen from papers suitable for further reading. These papers provide more micrographs, further details of the experimental methods used, and critical discussion of the problem under investigation.

CONTENTS. - *I: Introduction.* - *II: The Variety of Preparative Techniques Available.* - *III: Examples of the Use of the Electron Microscope to Study Problems in Biochemistry, Physiology, Virology, Bacterial Genetics, Pathology, etc.*

WATSON, J. D. - **Biologia molecolare del gene.** Prefazione di L. L. CAVALLI SFORZA. Traduzione dall'inglese di C. e D. MONTERISI. Un vol. in-8, di XXIV-446 pagine, con numerose figure in nero e a colori e tabelle. Casa Editrice Nicola Zanichelli, Bologna, 1967. Prezzo, non rilegato, L. 7.800.

SOMMARIO. - *I: La visione mendeliana del mondo.* - *II: Le cellule obbediscono alle leggi della chimica.* - *III: La cellula batterica vista dal chimico.* - *IV: L'importanza delle interazioni chimiche deboli.* - *V: Reazioni accoppiate e trasferimenti di gruppi.* - *VI: Il concetto di superfici stampo.* - *VII: Ordinamento dei geni sui cromosomi.* - *VIII: Struttura e funzione dei geni.* - *IX: La replicazione e l'organizzazione genetica del DNA.* - *X: La trascrizione dell'RNA sugli stampi di DNA.* - *XI: Intervento dell'RNA nella sintesi proteica.* - *XII: La replicazione dei virus.* - *XIII: Il codice genetico.* - *XIV: La regolazione della sintesi e del funzionamento delle proteine.* - *XV: Il differenziamento cellulare e il problema della sintesi degli anticorpi.* - *XVI: L'opinione del genetista sul cancro.*

8

BENSAUDE, A. - **Les hémorroïdes et affections courantes de la région anale.** Dans l'exercice journalier de la médecine praticienne. Un vol. in-8 (de la collection « *Pour Le Praticien* »), de 174 pages, avec 9 figures. Librairie Maloine S.A., Paris, 1967. Prix, relié, 36 F.

Ce livre s'adresse essentiellement aux médecins praticiens; c'est assez dire que son objet est avant tout clinique, diagnostique et thérapeutique. C'est ainsi que la première partie est consacrée aux hémorroïdes proprement dites, affection plus que fréquente. L'auteur s'attache à y mettre en évidence les diverses formes cliniques et les complications éventuelles; la distinction entre maladie hémorroïdale et crise hémorroïdaire est opportunément soulignée. A propos des complications, les divers modes de traitement avec leurs indications respectives ont été soigneusement décrits. Il a notamment été fait mention des « injections sclérosantes » dont les indications et la technique ont été clairement exposées; quant au choix de la solution à injecter, il a fait l'objet d'une étude approfondie. Dans la deuxième partie de l'ouvrage, diverses affections courantes de la région anale autres que les hémorroïdes, sont abordées. Quant au cancer de l'anus, affection qui pour être assez rare n'en est pas moins rencontrée, les problèmes de nature diagnostique et thérapeutique qu'il suscite sont exposés au lecteur.

CASTAING, J. et SOUTOUL, J. H. - **Atlas de coupes anatomiques.** FASCICULE I: **Membre supérieur** (avec la nomenclature internationale, PNA). Sous la direction de A. GOUAZÉ. Avec la collaboration de P. VALENTIN, J. BERTRAND et PH. BURDIN. Préface de G. LAZORTHES. Un vol. in-8, de 142 pages. Librairie Maloine S.A., Paris, 1967. Prix, broché, 36 F.

Le premier tome de l'« *Atlas de coupes anatomiques* » est une étude analytique de l'anatomie du membre supérieur. Le but de cet Atlas est de fournir à l'étudiant et au chirurgien un recueil complet de coupes anatomiques lisibles et précises. Il contient des coupes vraies, des coupes schématiques et des schémas explicatifs. La plupart des coupes représentent le segment supérieur du côté droit. Elles ont été systématiquement retournées à tous les niveaux pour représenter le segment supérieur du côté gauche. Un schéma préliminaire d'utilisation permet d'étudier ainsi et très facilement les segments inférieurs correspondants. Les coupes schématiques sont destinées à faciliter le travail de l'étudiant dans la préparation de ses examens et des concours. Les schémas explicatifs, intercalés entre les coupes, aident à leur compréhension, en particulier en ce qui concerne les pédicules vasculo-nerveux. La table des matières est illustrée par deux planches radiographiques placées en tête de l'Atlas et sur lesquelles les niveaux des coupes horizontales, sagittales ou frontales sont indiquées par un numéro qui sert de pagination. La terminologie française est doublée par la terminologie latine internationale. Les légendes numérotées placées en regard des planches permettent au lecteur un entraînement aisé dans la préparation aux épreuves des examens comportant des coupes muettes à légender. Les coupes de la main et des doigts sont presque toutes entièrement nouvelles, suivant les dernières conceptions anatomiques et fonctionnelles.

FAUDA, C., GRIGOLATO, V. e SFONDRINI, G. - **La rottura del cuore.** Un vol. in-8 (della *Collana di Monografie Cardiologiche*, N. 19), di VI-124 pagine, con 27 figure e VI tabelle. Casa Editrice Recordati, Milano, 1967. Prezzo, non rilegato, L. 5.000.

Gli autori di questo libro, pur non dimenticando le svariate cause della rottura del cuore che nulla hanno a che fare con la condizione infartuale, hanno rivolto la loro preminente attenzione alla rottura da infarto, alla valutazione di quelle circostanze accessorie che aiutano a determinarla, alle caratteristiche cliniche, elettrografiche ed anatomopatologiche delle diverse forme di rottura, alla frequenza statistica del fatale fenomeno. Sotto questi particolari aspetti la trattazione assume, oltre ad un evidente interesse dottrinale, anche un riferimento di ordine pratico, seppur limitatissimo questo, permettendo di prevedere le circostanze nelle quali l'evento ha maggiori probabilità di avverarsi nel corso dell'infarto.

SOMMARIO. - *I: Rotture del cuore senza infarto miocardico. - II: Rotture del cuore dopo infarto miocardico. - III: Osservazioni personali. - IV: Commento e discussione.*

(Suite 8)

KOCH, H. - **La médecine de l'espérance.** Un vol. in-16, de 168 pages. Librairie Maloine S.A., Paris, 1967. Prix, broché, 18 F.

Ce livre a valeur de message, à une époque où le matérialisme ambiant et la méconnaissance croissante des Lois naturelles engendrent ce climat étouffant, ce rythme aberrant et cette artificialité qui marquent la période actuelle d'ère de civilisation et de progrès. L'auteur rappelle fort opportunément que l'individu n'est pas que matière. Il insiste notamment sur la notion de l'intercommunication des divers composants du Moi, sur le fait que l'homme n'est qu'un maillon dans une chaine d'êtres et sur l'influence de l'environnement.

PAZAT, P. et BASTIEN, J. - **Entrainement Chirurgical O.R.L.** Préface de P. PIALOUX. Un vol. in-8, de 224 pages, avec 62 figures originales des auteurs. Librairie Maloine S.A., Paris, 1967. Prix, broché 48 F.

Destiné aux candidats des Concours hospitaliers militaires, l'ouvrage de P. PAZAT et de J. BASTIEN s'adresse également aux étudiants du Certificat d'Etudes spéciales d'O.R.L. et aux jeunes spécialistes. Vingt chapitres traitent successivement des principales interventions de la spécialité: Mastoïdectomie, Trépanation des sinus de la face, Ligature de la carotide, Trachéotomie, etc. Chaque chapitre comprend trois parties: principes et indications opératoires, rappel anatomique et technique opératoire. Après avoir défini l'intervention, les auteurs précisent son aspect actuel et discutent les différentes méthodes thérapeutiques pouvant être substituées ou associées à l'acte opératoire.

PIRENNE, M. H. - **Vision and the Eye.** A vol. in-8, of XVI-224 pages, with many figures and plates. Chapman and Hall Ltd., London, 1967. Price, bound, sh. 50 net in U.K. only.

This book deals mainly with a number of important aspects of the physiology and physics of vision — not only in man but also, for instance, in insects — selected for their intrinsic scientific interest rather than in view of direct medical applications. Among the problems treated at length is the way in which the particle or quantum properties of light affect the visual response, for the eye is capable of detecting a stimulus consisting of only a few light quanta, and a retinal rod cell can respond to the absorption of a single such « atom of light ». This new, slightly enlarged edition has been extensively re-written. The general character of the work has been kept unaltered, however, in spite of the very considerable growth in recent years of the literature relating to this highly technical field. Attention is concentrated on certain basic notions essential to a proper understanding of the working of the eye, explaining as clearly as possible, in some detail and without disguising difficulties, how present knowledge has been obtained. Although addressed primarily to non-specialists interested in vision, this book should also provide a valuable introduction to those commencing research on the subject. It does also deal with some topics relating to the history and the philosophy of science, and, as a special point, with the role of perspective in the perception of paintings and photographs.

SIMONART, A. - **Pharmacodynamie et thérapeutique.** 7ème édition revue et mise au point. Un vol. in-8, de 1010 pages. Editions Arscia S.A., Bruxelles, 1967. Prix, cartonné, Fr.B. 1.180.

Dans cette nouvelle édition de l'ouvrage du professeur Simonart, de Louvain, qui depuis longtemps est un classique servant à l'enseignement tant universitaire que postuniversitaire, il a été tenu compte des progrès les plus récents en pharmacothérapie. Certains groupes de médicaments sont nouveaux ou presque entièrement renouvelés: Les myorelaxants, les anovulatoires, les catécholamines, les azapétines, les nitroïmidazols, les inhibiteurs de la monaminoxydase. Des ajoutes très importantes ont dû être faites à d'autres: Les neuroplégiques, les antibiotiques, les hypoglycémiants peroraux, les diurétiques, les anthelmintiques. Il a été tenu compte de nouvelles explications du mode d'action de médicaments bien connus, comme la colchicine, la tyramine, l'éphédrine, ainsi que de la constitution récemment découverte d'hormones polypeptidiques comme l'insuline et la corticostimuline.

(Suite 8)

SOMMAIRE. - *I: Les excitants nerveux. - II: Les déprimants nerveux. - III: Les neuromimétiques. - IV: Substances employées en rapport avec le métabolisme et la nutrition. - V: Substances employées en rapport avec certains éléments et certaines propriétés du sang. - VI: Substances employées en rapport avec l'appareil circulatoire. - VII: Substances employées principalement pour l'appareil respiratoire. - VIII: Substances employées principalement pour le système uro-génital. - IX: Substances employées principalement pour le tube digestif. - X: Substances employées principalement pour la peau et pour l'usage externe.*

13

GOUDOT-PERROT, A. - **Cybernétique et Biologie.** Un vol. in-16 (de la collection « *Que sais-je?* », N. 1257), de 126 pages, avec 13 figures. Presses Universitaires de France, Paris, 1967. Prix, broché, 3 F.

La Biocybernétique découle des principes de deux disciplines scientifiques déjà très évoluées: la Biologie et la Cybernétique. Dans ce petit ouvrage est donné un aperçu de ce que peut être la complexité des fonctions de relation chez un être vivant. C'est-à-dire du point de vue cybernétique, les processus selon lesquels l'être vivant reçoit les informations, les traduit selon son énergie propre, pour les retransmettre à ses organes actionneurs.

SOMMAIRE. - *I: Cybernétique de la cellule. - II: Le neurone. Propagation du code nerveux. - III: Système nerveux réflexe. - IV: Centres supérieurs de contrôle et de coordination. - V: Cybernétique des voies sensitives et motrices, supports de l'information nerveuse. - VI: La mémoire.*

14

***. - **Early Nineteenth Century European Scientists.** Edited by R. C. OLBY. A vol, in-16, of XII-180 pages, with XV plates. Pergamon Press, Oxford, 1967. Price bound, sh. 27.6.

The early nineteenth century saw the birth of photography, the emergence of statistics as a subject in its own right, and the first precise formulation of an atomic theory of matter and a wave theory of light. Modern geology also dates from this period. These subjects are outlined in these six essays. Biographical details are given, but emphasis is placed on the work of the scientists concerned and the ways in which their discoveries were made.

CONTENTS. - *I: Sir Humphry Davy, 1778-1829*, by D. KNIGHT. - *II: Jons Jacob Berzelius, 1779-1848*, by D. M. DALLAS. - *III: Thomas Young, 1773-1829*, by J. R. LEVENE. - *IV: Louis Jacques Mande Daguerre, 1789-1851 and William Henry Fox Talbot, 1800-77*, by P. R. NORMAN. - *V: Sir Charles Lyell, 1797-1875*, by J. P. BOLAM. - *VI: Adolphe Quetelet, 1796-1874*, by G. M. JOLLY and P. DAGNELIE.

***. - **The Origin of Genetics.** A Mendel Source Book. Edited by C. STERN and E. R. SHERWOOD. A vol. in-8, of XVIII-180 pages, with tables. W. H. Freeman and Company, London, 1966. Price, unbound, sh. 18.

The editors of this book have drawn together for the first time all of the important documents centering on the birth of genetics. Published at the centennial of Mendel's main paper, the collection is introduced with a historical sketch by Curt Stern. In addition to Mendel's two classic papers (the first newly translated for this volume), the book contains Mendel's letters to Nägeli and the first reports, in 1900, of the simultaneous and independent rediscovery of Mendelism by de Vries and Correns. The letters

(Suite 14)

to H. F. Roberts by de Vries and Correns in which these investigators tell how they were led to Mendel's papers prior to their own publications are reprinted. The volume also contains the text of those brief passages in Focke's 1881 book on plant hybrids that led, directly or indirectly, to the rediscovery. Finally, the collection includes the penetrating latter-day analysis of Mendel's data by R. A. Fisher and a brief original contribution by Sewall Wright commenting on Fisher's findings.

CONTENTS. - I. 1866-1873. *I: Experiments on Plant Hybrids*, by G. MENDEL. - *II: On Hieracium-Hybrids Obtained by Artificial Fertilisation*, by G. MENDEL. - *III: Gregor Mendel's Letters to Carl Nägeli, 1866-1873.* - II. 1881. *I: Excerpts from Die Pflanzen-Mischlinge*, by W. O. FOCKE. - III. 1900. *I: The Law of Segregation of Hybrids*, by H. DE VRIES. - *II: G. Mendel's Law Concerning the Behavior of Progeny of Varietal Hybrids*, by C. CORRENS. - IV. 1924-1925. *I: Letters from H. de Vries and C. Correns to H. F. Roberts.* - V. 1936-1966. *I: Has Mendel's Work Been Rediscovered?*, by R. A. FISHER. - *II: Mendel's Ratios*, by S. WRIGHT.

15

***. - **Darwin and Henslow.** The Growth of an Idea. Letters 1831-1860 edited by N. BARLOW. A vol. in-8, of XII-252 pages, with 9 illustrations and maps. John Murray, London, 1967. Price, bound, sh. 35.

The originals of the one hundred and twenty-one letters included in this volume are with three exceptions either in the Library of the Royal Botanic Gardens, Kew, or in the Cambridge University Library. Darwin's theory of the origin of species by natural selection was profoundly influenced by his observations made during the voyage of H.M.S. *Beagle* from 1831 to 1836. That he joined this surveying voyage at all was due to his close friendship with John Stevens Henslow, Professor of Botany at Cambridge, who proposed his name for the post to the Admiralty. Darwin corresponded frequently with Henslow about the collections, geological, zoological and botanical, which he was sending back to Cambridge. The letters show vividly the impact of these first travels upon his mind and the growth of a dedicated sense of direction. The later letters show how much he was limiting his discussion to avoid offence to his old friend. Nevertheless, this collection will establish beyond doubt the importance of Henslow's influence and support in the early years: it was a vital friendship and it laid the foundation upon which all Darwin's subsequent work was to rest.

CONTENTS. - *I: Introduction.* - *II: Fly-Leaf of the Kew Volume.* - *III: Abbreviations Used.* - *IV: Letters 1831-7.* - *V: Letters 1838-60.*

***. - **Journal de l'année.** Tous les événements du monde du 1 juillet 1966 au 30 Juin 1967. Un vol. in-8, de 400 pages, avec nombreuses figures. Librairie Larousse, Paris, 1967. Prix, relié, 54 F.

Une équipe de 120 collaborateurs ont travaillé pour élaborer cette synthèse de l'année, sous la direction de Maurice Barrois. Dans le flot des informations que déversent constamment la Radio, la Télévision, les journaux, dans ce monceau de nouvelles en vrac qui finit par nous submerger, le *Journal de l'année* a retenu ce qui était fondamental, classé et hiérarchisé les événements et les idées qui ont agité le monde. Cette synthèse de l'année comprend trois grandes sections: La vie politique en France et dans le monde - La vie intellectuelle, les arts, les spectacles, les sciences, la vie religieuse - La vie quotidienne et les problèmes de la vie moderne. Les dictionnaires encyclopédiques Larousse contiennent des siècles d'Histoire; voici, pour la première fois en France, un ouvrage commode, précis, agréable à lire comme un journal, mais utile comme une encyclopédie, qui enregistre pour l'homme et la femme de notre temps l'Histoire d'une année, l'Histoire du monde en train de se faire.

SOMMAIRE. - I. Vie politique. *I: Vie politique en France.* - *II: Vie politique internationale.* - *III: Vie politique à l'étranger.* - II. Vie intellectuelle. *I: Lettres.* - *II: Arts.* - *III: Spectacles.* - *IV: Sciences.* - III. Vie religieuse. - IV. Vie quotidienne.

Le format de tous les livres annoncés ci-dessous est indiqué d'une façon uniforme, d'après le système adopté par la Bibliothèque Centrale Nationale de Florence et beaucoup d'autres Bibliothèques. Sont indiqués *in-folio* les volumes de plus de 38 centimètres de hauteur; *in-4* les volumes de 28 à 38 centimètres; *in-8* ceux de 20 à 28 centimètres; *in-16* ceux de 15 à 20 centimètres; *in-24* ceux de 10 à 15 centimètres; *in-32* les volumes qui ne dépassent pas les 10 centimètres de hauteur.

Libri ricevuti - Ouvrages reçus - Books received
Eingelaufene Werke - Libros recibidos

Les ouvrages qu'on nous adresse sont d'abord mentionnés ici, en dehors des comptes rendus dont ils peuvent être' 'objet dans la suite.

Les ouvrages se succèdent dans l'ordre de la numération des groupes de matières énumérées ci-dessous:

1

Mathématiques
Calcul infinitésimal
Algèbre
Géométrie
Mécanique rationnelle et supérieure
Mécanique appliquée
Mathématiques appliquées et calcul numérique
Science des constructions
Calcul des probabilités

2

Astronomie
Astrophysique
Sciences spatiales
Cosmologie
Physique du plasma

3

Physique
Thermodynamique
Hydraulique
Optique
Acoustique
Electrologie
Electronique
Physique nucléaire et subnucléaire
Relativité
Théorie des quanta
Structure de la matière

4

Chimie générale
Chimie minérale
Chimie organique
Chimie structurale
Electrochimie
Chimie physique

5

Minéralogie
Géologie
Cristallographie
Géomorphologie
Géographie
Géodesie
Géophysique
Océanographie
Glacéologie
Vulcanologie
Séismologie
Météorologie
Climatologie
Ecologie
Paléontologie

6

Botanique
Zoologie
Entomologie
Microbiologie
Anthropologie
Embryologie
Anatomie humaine
Anatomie comparée
Histologie
Histochimie
Histophysique

7

Génétique
Théorie de l'évolution
Biologie
Biochimie
Biophysique
Biogéographie
Bionique

8

Physiologie
Electrophysiologie
Neurophysiologie
Pathologie humaine
Pathologie végétale
Pathologie animale

9

Philosophie
Logique
Philosophie de la science

10

Psychologie animale
Psychologie humaine
Psychopathologie
Psychanalyse

11

Ethnologie
Civilisations primitives
Linguistique

12

Sociologie
Droit
Economie
Statistique

13

Cybernétique
Biométrie
Théorie de l'information

14

Histoire de la philosophie
Histoire des sciences
Histoire des mathématiques
Histoire des religions
Histoire des civilisations

15

Epistémologie
Culture encyclopédique

1

COOKE, R. G. - **Infinite Matrices and Sequence Spaces.** A vol. in-8, of XIV-348 pages. Dover Publications, Inc., New York, 1966. Price, unbound, Doll. U.S.A. 2.50.

The study of infinite matrices, begun in the 1880's and 90's, is now a subject of great interest to mathematicians and theoretical physicists. This book, published originally in England, pulls together the basic results in this specialized field and presents them clearly and correctly. The text covers practically all the pre-1946 investigations in infinite matrices. Deliberately avoiding the discussion of detailed properties of special matrices to concentrate, instead, on the behavior of infinite matrices in general, it opens with three chapters that are designed to accustom the reader to the manipulation of infinite matrices: definitions and preliminary ideas; reciprocals of infinite matrices (lower semi-matrices, a theorem of Polya, general theorems on reciprocals, etc.); and linear equations involving infinite matrices. From Chapter Four on, the author treats the application of infinite matrices to the summability of divergent sequences and series from various points of view. The book is a valuable text for students of matrix theory or of the theory of functions, modern algebra, topology, or mathematical physics, all of which are linked with infinite matrices.

CONTENTS. - *I: Definitions and Preliminary Ideas. - II: Reciprocals of Infinite Matrices. - III: Linear Equations in Infinite Matrices. - IV: Divergent Sequences and Series. - V: Consistency, Mutual Consistency, and Absolute Equivalence. - VI: The Core of a Sequence. - VII: The Inefficiency Problem for Infinite Matrices. - VIII: The Efficiency Problem for Infinite Matrices. - IX: Hilbert Vector Space and Hilbert Matrices - X: Projective and Distance Convergence and Limit in Sequence Spaces.*

PAPY. - **Mathématique moderne.** VOLUME III. Avec la collaboration de FR. PAPY. Un vol. in-8, de XXXII-452 pages, avec 366 figures en couleurs. Editions Marcel Didier, Bruxelles, 1967. Prix, relié, F.B. 300.

SOMMAIRE. - *I: Symétries centrales. - II: Symétries parallèles. - III: Symétries orthogonales. - IV: Isométries. - V: Déplacements. - VI: Rotations. - VII: Groupe des déplacements. - VIII: Retournements. - IX: Distance. - X: Cercles. - XI: Produit scalaire. - XII: Calcul dans le vectoriel euclidien plan. - XIII: Inégalités. - XIV: Le groupe des angles. - XV: Calcul dans le groupe des angles. - XVI: Racine carrée. - XVII: Cercles et droites. - XVIII: Premiers éléments de trigonométrie. - XIX: Equations normales.*

2

***. - **Solar Physics.** Edited by J. N. XANTHAKIS. The Proceedings of NATO Advanced Study Institute on Solar Physics held at Lagonissi, Athens, Greece, September 1965. A vol. in-8, of XVI-536 pages, with many figures and tables. Interscience Publishers, a Division of John Wiley & Sons, London, 1967. Price, bound, sh. 105.

CONTENTS. - *I: Models of the Outer Layers of the Sun*, by B. E. J. PAGEL. - *II: The Composition of the Solar Atmosphere*, by E. A. MÜLLER. - *III: Solar Infrared Spectroscopy*, by M. V. MIGEOTTE. - *IV: The Presence of Forbidden Lines of Ionized Iron in the Solar Absorption Spectrum*, by J. P. SWINGS. - *V: Nonhomogeneous Structure of the Solar Atmosphere*, by R. MICHARD. - *VI: Shock-waves in the Solar Atmosphere*, by E. SCHATZMAN. - *VII: The Different Indices of Solar Activity and the Time of Rise*, by J. XANTHAKIS. - *VIII: Sunspot Spectroscopy*, by C. ZWAAN. - *IX: Spectroscopic Determinations of Solar Magnetic Fields*, by H. VON KLÜBER. - *X: On the Sun's Polar Magnetic Fields*, by G. GODOLI. - *XI: The Evershed-Effect in Sunspots*, by E. H. SCHRÖTER. - *XII: Structure of the Normal Chromosphere*, by R. G. GIOVANELLI. - *XIII: Morphology of an Active Region on the Sun*, by K. O. KIEPENHEUER. - *XIV: Physics of Solar Flares:*

(Suite 2)

The Energy and Mass Problem, by A. BRUZEK. - *XV: The Solar Corona*, by J. RÖSCH. - *XVI: The Continuous Spectrum of the Corona*, by M. RIGUTTI. - *XVII: Solar Radio Astronomy*, by A. BOISCHOT. - *XVIII: Dust Dynamics in the Magnetosphere and Interplanetary Space*, by S. F. SINGER. - *XIX: Space Solar Physics*, by L. GOLDBERG.

KOBRYNSKI, M. - **Sur le calcul du spectre de pression sonore maximale émis par les jets stationnaires et en vol.** Un fasc. in-8 (Note Technique N. 108), de 40 pages, avec 19 figures. Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales, Chatillon (France), 1967. Prix, broché, 18 F.

SOMMAIRE. - *I: Introduction. - II: Pose du problème. - III: Jet stationnaire. - IV: Jet mobile. - V: Jets groupes. - VI: Directivité du bruit. - VII: Pression sonore globale maximale. - VIII: Spectre de pression sonore maximale. - IX: Conditions d'application. - X: Execution pratique des calculs. - XI: Conclusion.*

LEGENDRE, R. - **Amortissement aérodynamique des vibrations des aubes de turbomachines.** Un vol. in-8 (Note Technique N. 107), de 54 pages, avec 9 figures. Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales, Chatillon (France), 1967. Prix, broché, 25 F.

SOMMAIRE. - *I: Discussion des hypothèses. - II: Base d'uniformisation. - III: Calcul des effets de vibrations.*

LEGENDRE, R. - **Ecoulement plan d'un fluide incompressible autour de plusieurs obstacles.** Un vol. in-8 (Publication N. 116), de 66 pages, avec 14 figures. Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales, Chatillon (France), 1967. Prix, broché, 30 F.

SOMMAIRE. - *I: Aperçu intuitif des propriétés des écoulements plans de fluides incompressibles autour de plusieurs obstacles. - II: Fonctions thêtakleinéennes. - III: Fonctions thêtakleinéennes et fonctions automorphes.*

ROSSI, B. - **Cosmic Rays.** A vol. in-8, of XIV-268 pages, with many figures. George Allen and Unwin Ltd., London, 1966. Price, bound, sh. 30 in U.K. only.

In this book the foremost living expert in the field unfolds a simple yet scientifically accurate historical narrative of cosmic rays: how physicists discovered them and, after a half century of hard work, analysed their composition. Also how, in the process, they discovered a host of new particles, born out of energy and living but a minute fraction of a second, opening up the field of elementary-particle physics. Also, how the study of cosmic rays revealed new vistas in astrophysics and cosmology: and how, for all their labours, physicists are now faced with a more challenging and formidable problem than any yet encountered — the problem of the origin of cosmic rays. The book is to a large extent autobiographical. In it the author has tried to recapture some of the excitement that a scientist feels when he ventures into an unexplored field. Dr. Rossi has written this book in a form that should be easily understandable to any educated layman, without, however, compromising with scientific accuracy. The material is entirely up-to-date, and includes the latest results of space research pertinent to Cosmic Ray Physics.

CONTENTS. - *I: A Radiation from Outer Space. - II: Atoms and Radiations. - III: The Nature of Cosmic Rays. - IV: Puzzling Clues. - V: Using the Earth as a Magnet to Analyze Cosmic Rays. - VI: Positrons and the Materialization of Energy. - VII: Electrons, Photons, and Showers. - VIII: Mu Mesons. - IX: Pi Mesons. - X: Nuclear Interactions of Cosmic Rays. - XI: What Cosmic Rays are and what they do in the Atmosphere. - XII: Giant Showers of the Atmosphere. - XIII: The Van Allen Radiation Belt. - XIV: Cosmic Rays and the Sun. - XV: The Origin of Cosmic Rays: an Unsolved Problem.* - Appendixes.

ROSSO, J.-C. - **Contribution à l'étude des propriétés rhéologiques des copolymères polyesters insaturés-styrolène. Influence de la température et de la réticulation.**

(Suite 2)

Un vol. in-8 (Note Technique N. 106), de 144 pages, avec 39 figures et VI tableaux. Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales, Chatillon (France), 1967. Prix, broché, 61 F.

SOMMAIRE. - *I: Preparation des composés macromoléculaires. - II: Etude du fluage en traction. - III: Chaleur de deformation des copolymères soumis au fluage. - IV: Birefringence mécanique.*

VAN KAMPEN, N. G. and FELDERHOF, B.U. - **Theoretical Methods in Plasma Physics.** A vol. in-8, of x-216 pages, with 29 figures and III tables. North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1967. Price, bound, guilders 30.

The book deals with plasma theory from a fundamental point of view. The emphasis is on a careful derivation and discussion of the equations which makes it of interest both to plasma physicists and students of theoretical physics. As an illustration of the application of general methods of theoretical physics to a particular field it is ideally suited to acquaint the student with the tools of the theorist. Numerous problems stimulate an active participation in the material presented and aid the reader in grasping the subject. The book should be well-suited for a lecture course in plasma theory.

CONTENTS. - *I: Introduction. - II: Derivation of the Magnetohydrodynamic Equations. - III: Discussion of the MHD Equations. - IV: Static Solutions of the MHD Equations. - V: Stationary Solutions. - VI: Waves in Magnetohydrodynamics. - VII: Instability in Magnetohydrodynamics. - VIII: Statistical Mechanics of an Ionized Gas in Equilibrium. - IX: Two-Component Theory. - X: Kinetic Foundations of the Many-Component Theory. - XI: The Vlasov Theory. - XII: Correct Treatment of Longitudinal Plasma Waves. - XIII: Transverse Waves in the Vlasov Theory. - XIV: Anisotropy and External Magnetic Field. - XV: Collisions.*

3

BARRIOL, J. - **Eléments de Mécanique Quantique.** Préface de L. DE BROGLIE. Un vol. in-8 (de la *Collection de Chimie Physique*), de XIV-370 pages, avec 89 figures. Masson et C.ie, Editeurs, Paris, 1966. Prix, cartonné, 78 F.

SOMMAIRE. - I. Principes de la mécanique quantique et théories générales. *I: Les bases de la mécanique ondulatoire. - II: Applications du modèle de l'électron libre. - III: Systèmes à un seul corpuscule. Cas où toutes les valeurs de l'énergie sont simples (systèmes non dégénérés). - IV: Systèmes dont les valeurs propres de l'énergie sont dégénérées. - V: Les méthodes d'approximation en mécanique ondulatoire.* - II. Traitement des systèmes à plusieurs électrons dans l'approximation monoélectrique. *VI: L'atome à plusieurs électrons. - VII: La liaison covalente. - VIII: La méthode des orbitales moléculaires. - IX: Le modèle de l'électron libre. - X: Les fonctions d'onde dans un réseau de translation.* - III. Généralité sur la théorie des systèmes à plusieurs électrons. *XI: Description des états d'un système à plusieurs particules. - XII: Classification des états des systèmes multiélectroniques. - XIII: La liaison covalente. - XIV: Problèmes particuliers.* - Annexes.

BONDI, H. - **Assumption and Myth in Physical Theory.** The Tarner Lectures Delivered at Cambridge in November 1965. A vol. in-8, of VIII-88 pages, with figures. Cambridge University Press, London, 1967. Price, bound, sh. 17.6. net in U.K.

Professor Bondi discusses some of the myths that have grown up around various scientific theories and ideas, particularly special relativity and Mach's principle. His critical approach to what are usually regarded as complicated ideas leaves the reader with the feeling that perhaps much of his subject is commonsense after all. Professor Bondi's aim is to provoke thought, rather than to provide all the answers. He first

(Suite 3)

discusses the limits of theory-making, the significance of depth and universality, and the devising of effective tests for scientific theories. The relation of Einstein's theory to classical Newtonian mechanics is then considered, the author showing that relativity can be regarded simply as an extension of Newton's ideas on dynamics to the whole of physics. After deriving the equations of special relativity by the so-called k-calculus, he disposes rapidly of the « clock paradox » and moves on to discuss general relativity, the significance of the result of Newman and Penrose concerning gravitational waves, the sources of gravitation and inertia, Mach's principle and the Hoyle-Narlikar relativity theory.

GAMOW, G. - **Mr. Tompkins in Paperback.** A vol. in-8, of XII-186 pages, with many figures. Cambridge University Press, London, 1967. Price, bound, sh. 27.6.

The paperback volume, now issued in this library edition, combined and brought up to date two of Professor Gamow's well known books, *Mr Tompkins in Wonderland* and *Mr Tompkins Explores the Atom*. There are new stories and illustrations on fission and fusion, the steady state universe, and elementary particles. Professor Gamow has made many notable contributions to physics. Here he provides a delightful explanation of the concepts of modern physics by introducing Mr Tompkins, a bank clerk whose fantastic dreams and adventures lead him into the world inside the atom.

CONTENTS. - *I: City Speed Limit. - II: The Professor's Lecture on Relativity which Caused Mr. Tompkins's Dream. - III: Mr. Tompkins Takes a Holiday. - IV: The Professor's Lecture on Curved Space, Gravity and the Universe. - V: The Pulsating Universe. - VI: Cosmic Opera. - VII: Quantum Billiards. - VIII: Quantum Jungles. - IX: Maxwell's Demon. - X: The Gay Tribe of Electrons. - XI: A Part of the Previous Lecture which Mr. Tompkins Slept Through. - XII: Inside the Nucleus. - XIII: The Woodcarver. - XIV: Holes in Nothing. - XV: Mr. Tompkins Tastes a Japanese Meal.*

KELLOGG, O. D. - **Foundations of Potential Theory.** Reprint from the First Edition of 1929. A vol. in-8, of X-384 pages, with 30 figures. Springer-Verlag, Berlin, 1967. Price, bound, DM. 32.

The present volume gives a systematic treatment of potential functions. It takes its origin in two courses, one elementary and one advanced, which the author has given at intervals during the last ten years, and has a two-fold purpose: first, to serve as an introduction for students whose attainments in the Calculus include some knowledge of partial derivatives and multiple and line integrals; and secondly, to provide the reader with the fundamentals of the subject, so that he may proceed immediately to the applications, or to the periodical literature of the day.

CONTENTS. - *I: The Force of Gravity. - II: Fields of Force. - III: The Potential. - IV: The Divergence Theorem. - V: Properties of Newtonian Potentials at Points of Free Space. - VI: Properties of Newtonian Potentials at Points Occupied by Masses. - VII: Potentials as Solutions of Laplace's Equation; Electrostatics. - VIII: Harmonic Functions. - IX: Electric Images; Green's Function. - X: Sequences of Harmonic Functions. - XI: Fundamental Existence Theorems. - XII: The Logarithmic Potential.*

LUCINI, M. - **Principios fundamentales de las nuevas mecánicas.** (Relativista, ondulatoria y cuántica). Un vol. in-8, de XVI-216 paginas, con 21 figuras. Editorial Labor, S.A., Barcelona, 1966. Sans indication de prix.

Es bien conocida la honda transformación que, desde los albores del siglo XX, y como consecuencia del descubrimiento de nuevos hechos, han experimentado los conocimientos relativos al mundo físico, produciendo un cambio, sustancial muchas veces, radical siempre, en los conceptos fundamentales de lo que se ha llamado « Filosofía Natural ». Pero así como la clásica Ciencia Física estaba fundada en la Mecánica creada por Galileo, Newton y continuadores, la nueva se basa ante todo en una serie de esquemas, quizá no tan coherentes como en la Ciencia clásica, pero que, hoy por hoy, son los únicos capaces de interpretar todos los hechos experimentales recientemente descubiertos. El objeto de la presente obra es la exposición sucinta, pero con el debido rigor, de dichos

(Suite 3)

esquemas, o sea de las « nuevas mecánicas en sus principios fundamentales », teniendo en cuenta los algoritmos matemáticos que tal exposición exige.

INDICE. - I. Elementos de los cálculos tensorial y matricial. *I: Concepto elemental de tensor: Tensores referidos a ejes rectangulares. - II: Tensores referidos a ejes cualesquiera. - III: Operaciones fundamentales con los tensores. - IV: Métrica de una variedad* n-*dimensional. - V: Cálculo de matrices: Conceptos básicos. - VI: Transformación de matrices.* - II. Mecánica relativista. *VII: Fundamentos físicos y experimentales. - VIII: Principio de relatividad (especial o restringido). - IX: Cinemática relativista. - X: Interpretación geométrica de los resultados de la cinemática relativista. - XI: Dinámica relativista del punto. - XII: Principio de relatividad generalizado.* - III. Radiación de la energía. *XIII: Fundamentos electromagnéticos de la teoría de la radiación. - XIV: Leyes de la radiación. - XV: Teoría cuántica de la radiación. - XVI: Aplicaciones físicas de la teoría de los cuantos de Planck. - IV:* Mecánica ondulatoria y cuántica. *XVII: Mecánica ondulatoria. - XVIII: Propagación de las ondas materiales. - XIX: Mecánica cuántica. - XX: La mecánica cuántica del átomo.*

MANDEL, J. - **Cours de Mécanique des milieux continus.** TOME I: **Généralités. Mécanique des fluides.** Un vol. in-8, de VIII-456 pages, avec 150 figures. TOME II: **Mécanique des solides.** Un vol. in-8, de 392 pages, avec 123 figures. Gauthier-Villars Editeur, Paris, 1966. Prix, cartonnés, Tome I 96 F., Tome II 84 F.

Cet ouvrage traite de l'équilibre et du mouvement (au sens thermodynamique) des milieux continus déformables sous l'effet des forces et des différences de température. Les principes généraux sont exposés dans la première partie du livre; leur application aux fluides puis aux solides est l'objet des deux autres parties. L'ensemble constitue le cours enseigné en seconde année à l'Ecole Polytechnique. L'auteur a conservé la division, en usage à l'Ecole Polytechnique, entre le cours proprement dit et les annexes du cours. Cette division réduit l'effort nécessaire pour acquérir une vue d'ensemble de la matière. En annexes se trouvent rejetées diverses questions particulières, certains développements généraux mais d'un niveau élevé (élasticité des déformations finies, vibrations des corps élastiques) qu'il n'a pas paru indispensable d'inclure dans le cours, enfin des théories récentes (magnétodynamique des fluides, thermoélasticité, plasticité, viscoélasticité). De nombreux exemples illustrent le texte. L'ouvrage contient en outre une importante collection d'exercices avec leurs solutions. Le niveau mathématique est celui de la propédeutique, sauf dans certaines annexes où des connaissances plus avancées sont nécessaires. Offrant un vaste aperçu sur une discipline vivante, riche en applications et en développements théoriques, ce livre s'adresse aux élèves des grandes écoles, aux étudiants de 2e et 3e cycles des facultés, aux chercheurs et aux ingénieurs désireux de compléter ou de moderniser leur formation.

RADIX, J.-C. - **La navigation par inertie.** Un vol. in-16 (de la collection « *Que sais-je?* », N. 1235), de 128 pages, avec 41 figures. Presses Universitaires de France, Paris, 1967. Prix, broché, 3 F.

SOMMAIRE. - *I: Principes généraux. - II: Gyroscopes. - III: Accéléromètres. - IV: Stabilisations de plate-forme. - V: Structure des centrales à inertie. - VI: Centrales de Schüler. - VII: Evolution des erreurs. - VIII: Centrales à inertie assistées. - IX: Mise en oeuvre. - X: Applications. - XI: Exemples de systèmes inertiels. - XII: Eléments de Mécanique rationnelle.*

RENWICK, W. - **Les mémoires dans les calculateurs numériques.** Traduit de l'anglais par J. POTERAT. Un vol. in-8, de 224 pages, avec 140 figures et IX tableaux. Editions Eyrolles, Paris, 1967. Prix, broché, 35 F.

Les techniques numériques se répandent désormais dans tous les secteurs scientifiques et industriels. Presque toutes leurs applications supposent une mise en mémoire des données. De plus, la rapide augmentation de la vitesse du travail des calculateurs met en relief l'importance qu'il y a à réaliser des mémoires à leur mesure. Il en est ré-

(Suite 3)

sulté une concentration des recherches sur les techniques fondamentales de mémoire, dont la supraconductivité, dont il est question dans ce livre. Les investissements croissants consacrés au traitement de l'information, et à la régulation des processus industriels ou autres, attestent chaque jour de la place que prennent dans l'industrie les techniques de calcul numérique, tandis que la poursuite de progrès dans ce domaine est fortement tributaire des mémoires utilisables. En dépit de ces tendances, le sujet n'a été traité qu'accessoirement dans les ouvrages publiés sur les calculateurs. Ce livre vise à combler une telle lacune en définissant clairement les principes plutôt qu'à étudier le détail de circuits conçus pour des applications particulières. L'exposé des facteurs qui limitent les performances des mémoires y est plus fouillé et plus actuel que dans toute autre documentation parue en librairie. Après une introduction historique, sont décrits les domaines d'application des mémoires, les principes de physique sur lesquels reposent divers systèmes, les avantages et inconvénients des mémoires actuelles, et les récents progrès de la recherche susceptibles d'avoir une portée pratique. Il s'agit d'un ouvrage de valeur pour l'électronicien et l'ingénieur électricien qui abordent le sujet, et pour le nombre croissant de cadres techniques qui doivent avoir recours aux techniques numériques et au traitement de l'information. Il aidera également beaucoup à l'étude des cours de perfectionnement dans ces domaines et à la préparation d'examens professionnels.

SOMMAIRE. - *I: Introduction. - II: Mémoires dotées de lignes à retard. - III: Mémoires électrostatiques et ferro-électriques. - IV: Enregistrement sur surface magnétique. - V: Mémoires à noyaux magnétiques. - VI: Eléments de mémoire magnétiques autres que les noyaux ou tores. - VII: Mémoires non magnétiques à accès direct. - VIII: Mémoires non effaçables. - IX: Circuits d'accès, de chiffres et de commande dans les ensembles à accès direct. - X: Récapitulation de l'évolution en cours et à venir.*

SOMMERFELD, A. und BETHE, H. - **Elektronentheorie der Metalle.** Ein Band in-8 (*Heidelberger Taschenbücher*, Bd. 19), von VIII-290 Seiten, mit 60 Abbildungen. Springer-Verlag, Berlin, 1967. Preis, geh., DM. 10,80.

Der Verlag hat sich entschlossen, diesen klassischen Beitrag aus dem im Jahre 1933 erschienenen Handbuch der Physik, Band 24/2 erneut und in einer billigen Ausgabe einem grossen Kreis von Interessenten zur Verfügung zu stellen.

INHALT. - *I: Die Hypothese der freien Elektronen. - II: Elektronen im periodischen Potentialfeld. - III: Das Metall als Ganzes.*

4

HOCART, R. et KERN, R. - **Problèmes et calculs de chimie générale et de cristallochimie.** Recueil destiné aux étudiants en chimie dans les Facultés des Sciences et les Grandes Ecoles. Deuxième édition revue et augmentée. Un vol. in-8, de 248 pages, avec figures et tableaux. Gauthier-Villars, Paris, 1967. Sans indication de prix.

Ce recueil présente l'application de raisonnements mathématiques simples à divers principes ou concepts de la chimie générale et de la cristallochimie. Cinq chapitres rassemblent 117 problèmes résolus: I. Thermochimie; II. Equilibres gazeux et divers; III. Equilibres en solution diluée; IV. Cinétique chimique; V. Problèmes d'allure cristallochimique. Le contenu du chapitre V est plus abondant que dans la première édition de cet ouvrage. En effet, l'étude de la réactivité de l'état solide a été suffisamment approfondie au cours des dernières décennies pour que des problèmes traitant des solutions solides, des défauts ponctuels, des échanges de cations entre certaines structures cristallines et des solutions salines, soient traités analytiquement avec une certaine rigueur. Cependant, ce domaine de la réactivité des solides est vraisemblablement l'un de ceux où la formulation de nos connaissances n'est que schématique et provisoire. Ici l'enseignement n'est pas aussi assuré qu'il le paraît. Il se renouvellera par les traits de lumière que la recherche apportera dans cette science très concrète et en pleine expansion qu'est la chimie moderne.

(Suite 4)

ROBERTS, J. D. and CASERIO, M. C. - **Modern Organic Chemistry.** A vol. in-8, of XXII-844 pages, with many figures and tables. W.A. Benjamin, Inc., New York, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 10,75.

This introductory organic chemistry text is a shorter version of *Basic Principles of Organic Chemistry*. The new volume retains almost all the features of the original, and all the important ideas are thoroughly treated. It presents the essential principles of organic chemistry concisely and interestingly, but in sufficient detail to ensure a high level of understanding of current theories and practice. The key points to be made about *Modern Organic Chemistry* are the comprehensiveness with which the material is covered, along with the emphasis on making organic chemistry at the elementary level correspond as nearly as possible to the way in which organic chemistry is being carried on in research. For example, the text treats in detail NMR, IR, and UV spectra, and reproductions of more than 100 raw spectra help the student to understand these difficult topics. There are also extensive discussions of silicon, phosphorus, and boron compounds, natural products, and metabolic chemistry. Many of the hardest problems have been deleted in this new volume, but more drill problems have not been appended directly to the text. Instead a greatly expanded student Supplement provides repitition and practice. Almost as large as some texts (520 pages), the Supplement provides not only solutions to all the problems in the text, but also an extensive section devoted entirely to relatively simple drill-type problems. These 200 pages of problems provide all the practice that any student or teacher could possible wish.

CONTENTS. - *I: Structure, Identification, and Nomenclature. - II: Spectroscopy of Organic Molecules. - III: Alkanes. - IV: Cycloalkanes. - V: Bonding in Organic Molecules. Atomic Orbital Models. - VI: Alkenes I. Structure, Spectra, and Stereoisomerism. - VII: Alkenes II. Reactions of Carbon-Carbon Double Bonds. - VIII: Alkynes. - IX: The Resonance Method and Some of its Applications. The Molecular Orbital Approach. - X: Bifunctional Compounds. Alkadienes. - XI: Nucleophilic Displacement and Elimination Reactions. Alkyl, Cycloalkyl, Alkenyl, and Alkynyl Halides. - XII: Organometallic Compounds. - XIII: Alcohols and Ethers. - XIV: Aldheydes and Ketones. Reactions at the Carbonyl Group. - XV: Aldehydes and Ketones. Reactions Involving the Substituent Groups. Unsaturated and Polycarbonyl Compounds. - XVI: Carboxylic Acids and Derivatives. - XVII: Optical Isomerism. - XVIII: Carbohydrates. - XIX: Organic Nitrogen Compounds. Amines, Amides, Nitriles. Nitro, Azo, Diazo, and Related Compounds. - XX: Amino Acids, Peptides, Proteins, and Enzymes. - XXI: Organosulfur Compounds. - XXII: Arenes. Electrophilic Aromatic Substitution. - XXIII: Aryl Halogen Compounds. Nucleophilic Aromatic Substitution. - XXIV: Aryl Nitrogen Compounds. - XXV: Aryl Oxygen Compounds. - XXVI: Aromatic Side-Chain Derivatives. - XXVII: Heterocyclic Aromatic Compounds. - XXVIII: Dyes and Photochemistry. - XXIX: Polymers. - XXX: The Chemistry of Natural Products. - XXXI: Organosilicon, Phosphorus, and Boron Compounds.*

5

***. - **Annuaire pour l'an 1968.** Publié par le Bureau des Longitudes. Un vol. in-16, de XII-870 pages, avec figures et tableaux. Gauthier-Villars, Paris, 1967. Prix, broché, 70 F.

L'Annuaire du Bureau des Longitudes, qui paraît chaque année sans interruption depuis 1796, est un recueil très complet de nombreuses données numériques, de notices et d'articles scientifiques précis et concis. Le texte en est rédigé par les autorités les plus qualifiées et il est soigneusement tenu à jour de tous les progrès de la science et de toutes les mesures nouvelles. A partir du présent volume, pour 1968, la structure de l'Annuaire est la suivante: Première partie: Ephémérides, éléments astronomiques pour l'année en cours et quelques résultats concernant l'année précédant l'année écoulée (1966, dans le présent volume). Elle a la même structure chaque année. — Deuxième partie: Géodésie et géophysique (y compris l'étude de l'environnement terrestre). — Troisième partie: Astronomie. — Quatrième partie: Physique. - Cinquième partie:

(Suite 5)

Géographie et démographie. Les matières traitées dans les 2e, 3e, 4e et 5e parties sont entièrement différentes pour trois annuaires consécutifs. Les chapitres se retrouvent, remis à jour, tous les trois ans. Sixième partie: Prédictions astronomiques pour l'année suivante. — Septième partie: Notices scientifiques et nécrologiques (différentes tous les ans et non répétées) et une Notice sur le Bureau des Longitudes. Les notices scientifiques et nécrologiques, pour 1968, sont au nombre de trois: A) Participation française aux années internationales du Soleil calme (1964-1966), par F. du Castel. B) Fernand Baldet (1885-1964), par Ch. Bertaud. C) André Danjon (1890-1967), par A. Lallemand. Huitième partie: Tables analytiques pour l'année en cours et un certain nombre d'années précédentes.

BURRI, C., PARKER, R. L. und WENK, E. - **Die Optische Orientierung der Plagioklase.** Unterlagen und Diagramme zur Plagioklasbestimmung nach der Drehtischmethode. Unter Mitarbeit von H. R. WENK. Mit einem Geleitwort von M. REINHARD. Ein Band in-8 (*Mineralogisch-Geotechnische Reihe*, Band 8), von 334 Seiten, mit Figuren und XVII Tafeln. Birkhäuser Verlag, Basel, 1967. Preis, geb., Fr.s. 78.

INHALT. - I. Historisches, von C. BURRI. *I: Das Problem der optischen Orientierung der Plagioklase. - II: Die Zwillingsbildungen der Plagioklase.* - II. Methodisches, von R. L. PARKER. *III: Die Bearbeitung der Ausgangsdaten. - IV: Ermittlung der Typenwerte.* - III. Die optischen Migrationskurven, von E. WENK. *V: Erläuterungen zu den Tafeln. - VI: Zum Problem der optischen Lagendispersion in der Plagioklasreihe.* - IV. Numerische Daten, von R. L. PARKER und H. R. WENK. *VII: Katalog der Ausgangsdaten. - VIII: Verzeichnis der Typenwerte. - IX: Hilfstabellen.*

CARRINGTON, R. - **I grandi parchi nazionali.** Traduzione di M. RICCI DETTORE. Un vol. in-4, di 240 pagine, con numerosissime illustrazioni in nero e a colori. Casa Editrice Rizzoli, Milano, 1967. Prezzo, rilegato, L. 10.000.

In tutti i continenti, vaste zone sono state sottratte alla speculazione privata, sia al fine di preservarne le caratteristiche ecologiche, sia per offrire ai naturalisti un terreno di ricerca ancora intatto. Quest'opera, corredata di bellissime ed eccezionali illustrazioni, ha appunto il pregio di offrire, in una trattazione brillante e scientifica ad un tempo, il quadro delle condizioni in cui si svolge la vita animale e vegetale dei parchi più caratteristici del mondo, situati nell'Alaska o nelle Hawai, negli Urali o nel Sudafrica, ricchi di una vegetazione e di una fauna che variano lungo tutta la gamma dei climi e delle latitudini, dai ghiacciai eterni agli acquitrini a livello dell'oceano. Scorrendone le pagine, il lettore non potrà che rimanere colpito dall'abbondanza e dalla precisione delle nozioni scientifiche offerte dall'autore. Un viaggio affascinante, attraverso la realtà sempre più rara di una natura immune e stupenda, è stato realizzato in questo libro che è anche una trattazione appassionata e scientifica del problema della conservazione della natura.

SOMMARIO. - *I: Introduzione. - II: America settentrionale. - III: Africa. - IV: Europa, Asia, Australia e America meridionale.*

DE MICHELE, V. - **Minerali.** Un vol. in-8, (della collana *Meraviglie della natura*), di 152 pagine, con 121 illustrazioni in nero e 145 illustrazioni a colori. Istituto Geografico De Agostini, Novara, 1966. Prezzo, rilegato, L. 3.000.

In questo volume curato dal de Michele, ciò che più colpisce è la chiarezza del testo che affronta argomenti scientifici con lineare semplicità, in modo non solo da renderli accessibili a tutti, ma da suscitare un vivo interessamento, tanto che non si ha l'impressione di muoversi in un mondo di cose morte, ma di documentarsi sulla trasformazione della materia grezza attraverso il tempo e di seguirne l'evoluzione misteriosa e straordinariamente avvincente. Il volume è corredato da una serie ricchissima di tavole, con 145 illustrazioni a colori e 121 in nero. Una così ricca serie di fotografie, unita alla chiarezza del testo, è il modo più sicuro per consentire anche ai non iniziati di avvici-

(Suite 5)

narsi e di appassionarsi al mondo inanimato, ma pieno di fascino dei minerali, che sono in quest'opera presentati in 249 specie e 22 varietà.

OLLIVIER, F. - **La topographie sans topographes.** Traité de photogrammétrie. Préface de M. D'Ocagne. Seconde Edition entièrement refondue. Un vol. in-8, de VIII-506 pages, avec 419 figures. Editions de la Revue d'Optique Théorique et Instrumentale, Paris, 1967. Prix, cartonné, 116 F.

Sommaire. - *I: Perspectives des figures planes. - II: Vision monoculaire. - III: Vision binoculaire. - IV: Stéréoscopie. - V: Exploitation de photographies aériennes isolées. - VI: Débuts de la photogrammétrie. - VII: Stéréophotogrammétrie terrestre. - VIII: Principes de l'aérophotogrammétrie. - IX: Appareils à double projection. - X: Matérialisation mécanique spatiale (exploration des clichés par microscopes). - XI: Matérialisation optique spatiale (exploration des clichés par lunettes). - XII: Matérialisation mécanique dans deux plans. - XIII: Cartographie aux petites échelles. - XIV: Matériel de prise de vues. - XV: Exploitation d'un couple de clichés. - XVI: Aérotriangulation. - XVII: Utilisation et réalisation du matériel.*

WINKLER, H. G. F. - **Petrogenesis of Metamorphic Rocks.** Revised Second Edition. Translated by N. D. Chatterjee and E. Froese. A vol. in-8, of X-238 pages, with 53 figures. Springer-Verlag, Berlin, 1967. Price, unbound, DM. 23,20.

Contents. - *I: Definition and Types of Metamorphism. - II: Factors of Metamorphism. - III: The Concept of Metamorphic Facies. - IV: Metamorphic Reactions in Carbonate Rocks. - V: Graphical Representation of Metamorphic Mineral Parageneses. - VI: Hornfels Facies of Contact Metamorphism. - VII: Regional Dynamothermal Metamorphism. - VIII: The Barrovian-Type Facies Series. - IX: The Abukuma-Type Facies Series. - X: Intermediate Facies Series. - XI: Granulite Facies. - XII: Ecologites. - XIII: Change of Chemical Composition of Minerals with Progressive Metamorphism. - XIV: Burial Metamorphism. - XV: The Temperature and Pressure Conditions of the Regional Dynamothermal Metamorphism. - XVI: Anatexis, Formation of Migmatites, and Origin of Granitic Magmas. - XVII: Appendix: Nomenclature of Common Metamorphic Rocks.*

6

BASTOCK, M. - **Courtship: A Zoological Study.** A vol. in-8 (*Heinemann Studies in Biology*, Nr. 4), of VIII-220 pages, with 63 figures. Heinemann Educational Books Ltd., London, 1967. Price, bound, sh. 25.

The study of animal courtship has been the concern of some of the greatest biologists from Darwin onwards. This book throws new light on the intriguing questions which make the subject fascinating to specialist and layman alike, What is courtship? Why do animals court? Why is animal courtship often so elaborate and fantastic? To what extent are the techniques of courtship learnt? The author describes both classical and recent research findings. In doing so, she discusses some of the central themes of the science of animal behaviour, including « drive », « aggression » and the evolution of behaviour patterns. There are many illustrations from a wide range of sources. The book will be especially valuable as background reading for sixth-form and university students; and specialists in other fields will find it a convenient and up-to-date source on new developments in this subject.

CARRIGHAR, S. - **L'eredità della natura.** Traduzione di M. Valente. Un vol. in-8, di 280 pagine, con figure in nero nel testo e VIII tavole a colori fuori testo. Casa Editrice Rizzoli, Milano, 1967. Prezzo, rilegato, L. 4.500.

(Suite 6)

In base alle moderne tecniche di ricerca, oltre che alle proprie personali osservazioni, Sally Carrighar ha potuto inquadrare in modo estremamente realistico i complessi aspetti della vita degli animali allo stato libero, i loro rapporti con i membri della stessa specie, i loro costumi sessuali, i problemi connessi all'alimentazione e all'allevamento della prole. Riallacciandosi a Darwin e all'evoluzionismo, l'autrice si è soffermata di volta in volta su animali diversi (dagli invertebrati ai mammiferi superiori) senza seguire un unico filo conduttore, ma cogliendo gli aspetti più interessanti della loro vita e non mancando, quando se ne presentava l'occasione, di mostrare i punti di contatto con il comportamento umano. Opera del tutto « realistica », *L'eredità della natura* risulta avvincente quanto un lavoro di fantasia, sia per l'estrema varietà degli animali studiati (spesso sconosciuti in Europa), sia per l'originalità delle loro abitudini. Ha inoltre il merito di insegnarci ad amare e a rispettare un mondo al quale anche noi abbiamo appartenuto e di cui, per troppo tempo e troppo spesso, scrittori, esploratori, cacciatori, ci hanno dato una falsa immagine.

SOMMARIO. - *I: Animali e uomini. Una linea di demarcazione confusa. - II: Animali genitori. Perchè i piccoli possano sopravvivere. - III: Sesso. Una voce soffocata. - IV: Aggressività. I denti e gli artigli sono veramente arrossati di sangue? - V: Il gioco. Lo spirito creativo.*

DURCHON, M. - **L'endocrinologie des vers et des mollusques.** Un vol. in-8 (de la collection *Les grands problèmes de la Biologie*), de VIII-242 pages, avec 155 figures. Masson et C.ie, Editeurs, Paris, 1967. Prix, cartonné, 60 F.

La première partie de cet ouvrage est consacrée à l'analyse des données histologiques, histochimiques et ultrastructurales obtenues dans l'étude des cellules neurosécrétrices et des organes endocrines, ou décrits comme tels, chez les Vers et les Mollusques. Dans une deuxième partie sont exposés les résultats expérimentaux. La maturation des gonades est généralement soumise à une influence endocrine; d'autre part, chez certains Mollusques, la différenciation du tractus génital est déterminée par voie hormonale. Chez les Annélides, les processus de régénération postérieure sont vraisemblablement régis par des hormones. Enfin, quelques données permettent de penser que l'équilibre hydro-minéral et l'adaptation chromatique sont sous contrôle endocrine.

GIERSBERG, H. und RIETSCHEL, P. - **Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere.** ERSTER BAND: **Integument, Sinnesorgane, Nervensystem,** von P. RIETSCHEL. Ein Band in-8 (*Hochschullehrbücher für Biologie*, Band 13), von 306 Seiten, mit 77 Abbildungen in 529 Einzelfiguren im Text. Veb Gustav Fischer Verlag, Jena, 1967. Preis, geb., DM. 47,40.

INHALT. - I. Das Integument. *I: Funktion und allgemeiner Bau. - II: Die Epidermis. - III: Das Corium und seine Bildungen.* - II. Die Sinnesorgane. *I: Allgemeines. - II: Das Riechorgan. - III: Freie Nervenendingungen und kapsuläre Organe. - IV: Sinnesorgane mit sekundären Sinneszellen.* - III. Das Nervensystem. *I: Das Nervensystem der Wirbeltiere im Vergleich zu dem der Wirbellosen. - II: Die Dauelemente des Nervensystems. - III: Die Ontogenese des Nervensystems. - IV: Aufbau und Gliederung des Nervensystems. - V: Die Medulla spinalis und ihre Nerven. - VI: Das Deuterencephalon und seine Nerven. - VII: Das Prosencephalon und seine Nerven. - VIII: Die Paraganglien und die Nebenniere. - IX: Die Gehirn- und Rückenmarkshäute.*

MAIRE, R. - **Flore de l'Afrique du Nord. (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine, Cyrénaïque et Sahara).** Publiée par les soins de P. QUÉZEL. **Volume XIII: Dicotyledonae: Rhoedales: Cruciferae p.p.** Un vol. in-8, de 366 pages, avec 129 figures. Editions Paul Lechevalier, Paris, 1967. Prix, broché, 75 F.

SOMMAIRE. - *I: Aethionema* R. Br. - *II: Alyssum* L. - *III: Ammosperma* Hook. f. - *IV: Anastatica* L. - *V: Arabis* L. - *VI: Armoracia* Gartn, Meyer et Scherb. - *VII: Aubrietia* Adanson. - *VIII: Barbaraea* Beckmann. - *IX: Biscutella* L. - *X: Bivonaea* D.C. - *XI: Boreava* Jaubert et Spach. - *XII: Bunias* L. - *XIII: Capsella.* - *XIV: Cardaria*

(Suite 6)

Desv. - *XV: Cardamine* L. - *XVI: Clypeola* L. - *XVII: Cochlearia* L. - *XVIII: Conringia* Adanson. - *XIX: Coronopus* Zinn. - *XX: Cyclopterygium* Hochst. - *XXI: Draba* L. - *XXII: Dismocarpus* O.E. Schultz. - *XXIII: Erophila* D.C. - *XXIV: Euclidium* R. Br. - *XXV: Farsetia* Turra. - *XXVI: Foleyola* Maire. - *XXVII: Guepinia* Bastard. - *XXVIII: Henonia* Coss. et Dur. - *XXIX: Henophyton* Coss. et Dur. - *XXX: Hornungia* Rchb. - *XXXI: Hutchinsia.* - *XXXII: Hymenolobus* Nuttall. - *XXXIII: Iberis* L. - *XXXIV: Ionopsidium* Rchb. - *XXXV: Isatis* L. - *XXXVI: Koniga* R. Br. - *XXXVII: Lepidium* L. - *XXXVIII: Lobularia* Desv. - *XXXIX: Lunaria* L. - *XL: Minaea* Lojacono. - *XLI: Moricandia* D.C. - *XLII: Myagrum L.*- *XLIII: Nasturtium* R. Br. - *XLIV: Neslia* Desvaux. - *XLV: Noteceras* R. Br. - *XLVI: Oudneya* R. Br. - *XLVII: Pastorea* Tod. ex Bertol. - *XLVIII: Pseuderucaria* O.E. - *XLIX: Pseudocytisus* O. Kuntze. - *L: Psychine* Desf. - *LI: Rorippa* Scop., Adanson. - *LII: Rytidocarpus* Coss. - *LIII: Savignya* D.C. - *LIV: Schouwia* D.C. - *LV: Senebiera* D.C. - *LVI: Soria* Adanson. - *LVII: Succowia* Medik. - *LVIII: Teesdalia* R. Br. - *LIX: Thlaspi* L. - *LX: Vella* L. - *LXI: Vogelia* Medik. - *LXII: Zilla* Forsk.

7

***. - **Dalle molecole all'uomo.** Biologia, a cura del BSCS (Biological Science Curriculum Study), versione blu. Traduzione italiana di C. e D. Monterisi. Adattamento e revisione di Fr. Baschieri-Salvadori, B. Bertolini, G. Modiano, M. A. Spadoni e G. Tecce. Un vol. in-8, di XXXII-840 pagine, con 450 illustrazioni e XXX tavole a colori. Zanichelli Editore, Bologna, 1967. Prezzo, rilegato, L. 9.600.

Nel gennaio 1959 l'Istituto Americano per le Scienze Biologiche che raggruppa più di 80.000 biologi, diede vita a un Programma di Studio per le Scienze Biologiche (BSCS), con sede nell'Università del Colorado, per contribuire al miglioramento dell'istruzione secondaria della biologia. Il risultato di questa iniziativa è rappresentato da un vasto e vario materiale didattico tra cui un testo « Dalle molecole all'uomo » che esce oggi nella versione italiana edita dalla Casa Editrice Zanichelli di Bologna. Il testo americano non è soltanto il frutto dell'impegno di settanta professori e ricercatori universitari ma anche del contributo personale di oltre 1000 insegnanti e 150.000 studenti che utilizzando in una prima fase un testo sperimentale hanno dato una serie di suggerimenti preziosi. Naturalmente, nel trasferire un testo didattico da un paese ad un altro, si incontrano inevitabilmente delle difficoltà dovute tra l'altro alla diversità dei programmi scolastici nazionali. Per la biologia bisogna anche tener conto della differenza degli ambienti naturali a cui un testo non può non richiamarsi nelle numerose esemplificazioni. Per un adeguamento alla situazione italiana la Zanichelli ha ascoltato i suggerimenti di scienziati e di esperti e si è avvalsa dell'opera di alcuni biologi italiani per introdurre le integrazioni e i cambiamenti necessari. Così ad esempio il Direttore del Giardino Zoologico di Roma ha interamente riscritto il capitolo sulle comunità animali e vegetali.

Sommario. - I. Interazione tra fatti e idee. *I: La scienza come indagine. - II: La varietà dei viventi. - III: I modi dell'evoluzione: due teorie contrastanti. - IV: L'origine degli organismi viventi.* - II. L'evoluzione della cellula. *V: I precursori della vita. - VI: Energia chimica per la vita. - VII: Le molecole fondamentali. - VIII: Il codice biologico.* - III. L'organismo in evoluzione. *IX: La luce come sorgente di energia per la vita. - X: La cellula e la sua evoluzione. - XI: La teoria cellulare. - XII: L'organismo pluricellulare.* - IV. Organismi pluricellulari: nuovi individui. *XIII: Riproduzione. - XIV: Lo sviluppo.* - V. Organismi pluricellulari: continuità genetica. *XV: Modelli ereditari. - XVI: Geni e cromosomi. - XVII: Origini di nuove specie. - XVIII: La specie umana.* - VI. Organismi pluricellulari: l'utilizzazione d'energia. *XIX: Sistemi fotosintetici. - XX: Sistemi di trasporto. - XXI: I sistemi respiratori. - XXII: La nutrizione e il sistema digerente. - XXIII: Sistemi escretori.* - VII. Organismi pluricellulari: sistemi integrativi. *XXIV: Sistemi regolari. - XXV: Immunità. - XXVI: Sistema nervoso. - XXVII: Sistemi muscolari e scheletrici. - XXVIII: L'organismo integrato e il comportamento.* - VIII. Livelli più alti di organizzazione. *XXIX: Popolazioni. - XXX: Le Società. - XXXI: Le Comunità.*

(Suite 7)

***. - **Essays in Biochemistry.** Edited by P. N. CAMPBELL and G. D. GREVILLE. **Volume 2.** A vol. in-8, of XIV-228 pages, with figures and tables. Published for The Biochemical Society by Academic Press, London, 1966. Price, unbound, sh. 25.

CONTENTS. - *I: Anaplerotic Sequences and their Role in Metabolism*, by H. L. KORNBERG. - *II: The Nature and Function of Hexokinases in Animal Tissues*, by D. G. WALKER. - *III: The Metabolism of Animal Phospholipids and their Turnover in Cell Membranes*, by R. M. C. DAWSON. - *IV: Steroidal Oral Contraceptive Agents*, by V. PETROW. - *V: Mechanisms of Protein Evolution*, by G. H. DIXON.

BROSSET, A. - **La Biologie des Chiroptères.** Un vol. in-8 (de la collection *Les Grands Problèmes de la Biologie*), de VIII-240 pages, avec 77 figures. Masson et C.ie, Editeurs, Paris, 1966. Prix, cartonné, 50 F.

Cet ouvrage, essentiellement consacré à l'étude du comportement des Chiroptères, analyse dans une première partie le rythme quotidien: phase diurne de repos — phase nocturne d'activité. Au régime uniformément insectivore des espèces propres aux régions tempérées, s'oppose la diversité des régimes alimentaires des chiroptères tropicaux. A ces régimes correspondent des spécialisations des appareils locomoteurs et sensoriels, particulièrement en ce qui concerne les organes émetteurs et récepteurs d'ultrasons, dont les chiroptères se servent pour se diriger et localiser leurs proies. Dans une seconde partie, l'ouvrage analyse les rythmes annuels: reproduction, migrations, hibernation. La reproduction présente de remarquables particularités, comme la gravidité ralentie ou différée. Les migrations et hibernation sont des réponses adaptatives à l'instabilité du métabolisme des chiroptères, et au régime insectivore de la plupart d'entre eux. La dernière partie est une mise au point de tout ce que l'on sait, dans l'état actuel des connaissances, de la biologie des Genres de Chiroptères.

BURNETT, A. L. e EISNER, Th. - **L'adattamento negli animali.** Traduzione dall'inglese di R. RICCI. Presentazione di G. SERMONTI. Un vol. in -16 (della collezione *Biologia Moderna*, N. 6), di 174 pagine, con numerose figure. Zanichelli, Bologna, 1967. Prezzo, non rilegato, L. 900.

Perchè mai la zanzara compie un solo pasto di sangue sull'uomo, perchè alcuni organismi hanno uno sviluppo larvale con metamorfosi, perchè le uova delle varie specie animali hanno dimensioni tanto diverse? Questi sono alcuni dei temi biologici su cui verte il libretto di Burnett e Eisner dedicato all'adattamento negli animali, edito da Zanichelli nella ormai nota collana BM. Con adattamento si intende praticamente ogni sorta di meccanismo che consente alla vita di mantenersi nelle condizioni più adatte alla sua diffusione. Ogni perchè, in campo biologico, ha rapporti con l'adattamento, in quanto adattarsi significa sopravvivere. Il libro di Burnett e Eisner è dedicato solo al paziente e lunghissimo lavoro che la natura ha compiuto e compie sugli organismi per fare sì che questi si sviluppino armonicamente non soltanto come esseri singoli ma in quanto comunità viventi. Pertinenza delle esemplificazioni, linearità delle deduzioni e uno stile sobrio e puntuale fanno di questo libro un prezioso esempio di come debba essere concepito uno scritto divulgativo di biologia, senza esposizioni cattedratiche, ma anche senza approssimazioni o pseudofacilitazioni assurde.

SOMMARIO. - I. Studio di un caso. *I: Il ciclo vitale. - II: Il sistema respiratorio. - III: Il sistema circolatorio. - IV: La regolazione dell'ambiente interno.* - II. Studio di un caso in prospettiva. *I: La riproduzione. - II: Lo sviluppo. - III: La regolazione dell'ambiente interno.* - III. Studio di un caso in retrospettiva. *I: La segmentazione nelle tenie e nei cordati. - II: La segmentazione negli anellidi. Locomozione. - III: La segmentazione negli artropodi.* - IV. L'uomo. Un caso speciale?

8

CHASSAGNE, P., GEORGES-JANET, L. et DEVAUX, J. P. - **Les antibiotiques et leurs usages thérapeutiques.** Dans la pratique médicale quotidienne. Un vol. in-8 (de la collection « *Pour le Praticien* »), de 452 pages. Librairie Maloine S.A., Paris, 1967. Prix, cartonné, 56 F.

(Suite 8)

Ce volume de la collection « Pour le Praticien » a été conçu par le Professeur P. Chassagne dans le but d'aider le médecin à utiliser au mieux les antibiotiques dont la prolifération actuelle crée parfois un légitime sentiment de confusion. Après un rappel du mode d'action des antibiotiques, l'ouvrage comprend deux grandes parties: — la première est une étude analytique des antibiotiques, classés par ordre alphabétique. Cette première partie se termine par une étude des problèmes posés par les associations d'antibiotiques, entre eux ou avec d'autres corps, corticoïdes en particulier; — la deuxième partie est consacrée aux applications thérapeutiques. L'ouvrage se continue par l'évocation de l'antibiothérapie préventive et prophylactique, des accidents des antibiotiques et de leur utilisation en pédiatrie. L'ouvrage se termine par près de 50 pages de tableaux récapitulatifs et par un index alphabétique très complet; le lecteur est ainsi assuré de trouver sans difficulté le renseignement qu'il cherche.

CRABBÉ, P. - **Signification du tissu lymphoïdes des muqueuses digestives.** Préfaces par J. CAROLI et M. SELIGMANN. Un vol. in-8, de 248 pages, avec 58 figures. Editions Arscia S.A., Bruxelles, 1967. Prix, broché, F.B. 480,

SOMMAIRE. - I. Matériel et méthodes. *I: Préparation des immunsérums. - II: Matériel histologique et méthodes immunohistochimiques. - III: Analyse des immunoglobulines des sérums et des sécrétions exocrines.* - II. Etude immunohistochimique des plasmocytes de la muqueuse digestive à l'état normal. *I: Description des plasmocytes contenant les différents types de chaînes polypeptidiques des immunoglobulines. - II: Distribution histologique des types cellulaires à différents niveaux du tractus digestif. - III: Commentaires et conclusions.* - III. Etude immunohistochimique des plasmocytes des muqueuses digestives à l'état pathologique. *I: Etude des muqueuses digestives de malades sans anomalies majeures des immunoglobulines. - II: Etude des muqueuses digestives de malades porteurs d'anomalies majeures des immunoglobulines. - III: Commentaires et conclusions.* - IV. Considérations générales sur les immunoglobulines des sécrétions exocrines et sur le tissu lymphoïde des muqueuses. *I: Les immunoglobulines des sécrétions exocrines. - II: Fonction du tissu lymphoïde des muqueuses et des immunoglobulines des sécrétions exocrines. - III: L'IgA exerce-t-elle une fonction immunitaire essentielle au niveau des muqueuses?*

CROSNIER, R. - **Précis d'immuno-prophylaxie pratique des maladies infectieuses.** Préface de L. TANON. Un vol. in-8 (de la collection « *Les Précis Pratiques* »), de 304 pages, avec XXI tableaux. Librairie Maloine S.A., Paris, 1967. Prix, broché, 40 F.

Ce précis d'immunoprophylaxie, très complet et pratique, réalise la mise au point devenue nécessaire en matière d'immunologie et d'antibiothérapie appliquées à la prévention. Dans ce vaste domaine en effet, les méthodes, les techniques et les indications sont aujourd'hui multiples et variées et tout médecin doit avoir à sa disposition le vademecum capable de le renseigner parfaitement tant dans les principes que dans la mise en application.

SOMMAIRE. - *I: Introduction à l'étude des vaccinations. - II: Prophylaxie active spécifique. - III: Prophylaxie passive. - IV: Chimioprophylaxie. - V: Notes complémentaires.*

GOUTIER, R. - **Irradiation, radioprotection et synthèse de l'acide désoxyribonucléique.** Préface de M. ERRERA. Un vol. in-8 (de la collection « *Médico-Monographies d'Agrégés* »), de 238 pages, avec 63 figures et IX tableaux. Editions Arscia S.A., Bruxelles, 1967. Prix, broché, F.B. 480.

SOMMAIRE. - I. La désoxyribonucléase acide. *I: La DNase acide dans le foie en régénération: son association à la croissance. - II: Comportement de la DNase acide dans les tissus irradiés.* - II. Radio-inhibition et radioprotection de la synthèse des acides

(Suite 8)

nucléiques et de ses enzymes opérateurs dans le foie en régénération. *III: Effets de l'irradiation totale sur la synthèse des acides nucléiques et sur ses enzymes opérateurs. - IV: Action propre des substances radioprotectrices sulfhydrylées et radioprotection au niveau du DNA, de ses enzymes opérateurs et de la DNase acide.*

KLIPPEL, J. - **Klinisches und röntgenologisches Erscheinungsbild der Porzellanstaublunge.** Ein Band in-4, von 212 Seiten, mit Abbildungen und Tabellen. Herausgegeben von der Berufsgenossenschaft der keramischen und Glas-Industrie, Würzburg, 1967. Sans indication de prix.

Das Fachschrifttum auf dem Gebiete der Pneumokoniosen ist besonders nach dem zweiten Weltkriege stetig angewachsen und heute sehr umfangreich. Der Verfasser gibt eine gedrängte Darstellung der bedeutsamen Ergebnisse der Silikoseforschung und die praktischen Erfahrungen, die gesammelt wurden. Die vorliegende Monographie wendet sich somit vor allem an die jüngeren Ärzte. Die klinischen Untersuchungen und die statistische Auswertung umfassen ein Krankengut von 1715 Versicherten.

INHALT. - *I: Einleitung. - II: Die Quellen der Quarzstaubgefährdung in der keramischen Industrie. - III: Ueber die Vorbeugungsmassnahmen gegenüber der Quarzstaubinhalation. - IV: Die röntgenologischen Erscheinungsbilder der Porzelliner-Silikose. - V: Die durch die Silikose gesetzten sekundären Veränderungen in den Thoraxorganen. - VI: Die klinischen Erscheinungsbilder der Porzelliner-Silikose. - VII: Die Silikose-Tuberkulose. - VIII: Das röntgenologische Erscheinungsbild der Siliko-Tuberkulose. - IX: Differentialdiagnostische Betrachtungen an Hand von silikoseähnlichen.*

***. - **Tulane Studies in Philosophy.** VOLUME XV: **Metaphysics and Belief.** A vol. in-8, of IV-102 pages. Tulane University, New Orleans, 1966. Price, unbound, Doll. U.S.A. 2,00.

CONTENTS. - *I: The Ethics of Belief*, by C. H. HAMBURG. - *II: On Beliefs and Believing*, by J. K. FEIBLEMAN. - *III: Substance and Experience*, by A. J. RECK. - *IV: Panentheism in Neo-Platonism*, by R. C. WHITTEMORE. - *V: Ultimacy and the Philosophical Field of Metaphysics*, by D. S. LEE.

HEITLER, W. - **Causalità e teleologia nelle scienze della natura.** Traduzione dal tedesco di A. SPARZANI. Un vol. in-8 (della collezione *Biblioteca di Cultura Scientifica*), di 134 pagine, con 4 figure. Paolo Boringhieri, Torino, 1967. Prezzo, non rilegato, L. 2.000.

Questo libro di Heitler - che nel capitolo finale traccia, sulla base della teoria dell'universo in espansione, limiti assai ristretti alla nostra capacità di indagine sulla scala delle dimensioni cosmiche - va inquadrato in tale clima: la sfiducia che in esso affiora nei confronti degli strumenti che hanno condotto l'uomo a rivoluzionare i propri rapporti col mondo e di riflesso la propria considerazione di sè stesso non è che il rovescio di una medaglia che porta iscritti, sul *recto*, i più audaci e innovatori passi avanti compiuti dal pensiero scientifico dopo la grande rivoluzione newtoniana. La « crisi dei fondamenti » in fisica, se da un lato ha suscitato perplessità e fatto affiorare aporie, ha dall'altro finito col consolidare, rendendoli più duttili e meglio rispondenti alla situazione sperimentale, gli strumenti della ricerca. Heitler con i suoi studi sul legame chimico, sulla radiazione, sul mesone e nel campo dell'elettrodinamica quantistica, è stato tra le figure di primo piano di tale rinnovamento del discorso fisico.

(Suite 9)

SOMMARIO. - *I: Newton contro Keplero. - II: Goethe contro Newton. - III: L'atomo. - IV: Il vivente. - V: Il cosmo.*

WEYL, H. - **Filosofia della matematica e delle scienze naturali.** Traduzione dall'inglese di A. CARACCIOLO DI FORINO. Un vol. in-8 (della collezione *Biblioteca di Cultura Scientifica*), di X-382 pagine, con 6 figure. Paolo Boringhieri, Torino, 1967. Prezzo, non rilegato, L. 4.500.

Questo volume rappresenta da parte di Weyl il tentativo di sistematizzare, attraverso una ricognizione storico-critica, il proprio punto di vista sui problemi posti dalla logica e dalla matematica, e dalla presenza di strutture e teorie logiche e matematiche nelle diverse scienze. Le due parti di questo libro intendono fare il punto su alcuni dei più importanti risultati filosofici e punti di vista emersi dalla ricerca nei vari campi della matematica e delle scienze empiriche esatte. L'Autore ha cercato di mettere in rilievo le relazioni con i grandi sistemi filosofici del passato. Gli esempi illustrativi sono scelti nel modo più semplice possibile. In linea di principio, tuttavia, la conoscenza diretta delle scienze è presupposto necessario per chiunque s'impegni nella filosofia della scienza. Il metodo qui seguito nel presentare i fondamenti della matematica conduce dagli aspetti superficiali a quelli più profondi; la considerazione degli aspetti più formali precede lo studio dei problemi connessi con l'infinito, perchè, nonostante che questi ultimi abbiano eccitato in tutte le epoche l'immaginazione, la loro precisa definizione formale e trattazione rigorosa è una conquista recente.

SOMMARIO. - I. Matematica. *I: Logica matematica, assiomatica. - II: Numeri e continuo, l'infinito. - III: Geometria.* - II. Scienze naturali. *IV: Spazio e tempo, il mondo esterno trascendente. - V: Metodologia. - VI: La rappresentazione fisica del mondo.*

10

BIAGIONI, E. - **Educazione e recupero sociale dei minorati.** Un vol. in-8 (della collana *Saggi di Cultura Moderna*, n. XXI), di 178 pagine. Casa Editrice Ciranna, Roma, 1967. Prezzo, non rilegato, L. 2.500.

SOMMARIO. - I. L'educazione degli anormali fino al XIX secolo. *I: Gli anormali prima dell'Era Cristiana. - II: Influsso della caritas. - III: Istituzioni medioevali di assistenza. - IV: La concezione umanistica dell'uomo. - V: Le moderne istituzioni per i minorati. - VI: L'illuminismo e le prime scuole per gli anormali. - VII: Il filantropismo. - VIII: Riflessi delle nuove idee sui problemi degli anormali. - IX: Il positivismo e il problema sociale.* - II. L'educazione degli anormali nell'epoca attuale. *I: Gli influssi del positivismo sul problema dei minorati. - II: Gli sviluppi delle varie scuole all'aperto. - III: Primi tentativi metodologici di educazione. - IV: L'educazione degli anormali come problema sociale degli Stati. - V: Classificazione e specializzazione dei metodi educativi. - VI: Le esperienze in Italia. - VII: Le esperienze all'estero. - VIII: Dalla assistenza alla sicurezza sociale. - IX: Odierni orientamenti in materia educativa. - X: Limiti, difficoltà e carenze. - XI: Necessità di una nuova impostazione. - XII: La preparazione del personale.* - III. L'attuale ordinamento italiano sugli anormali. *I: Orientamenti pedagogici. - II: Esame delle leggi attinenti al ramo. - III: Principi ispiratori. - IV: Necessità di aggiornamento. - V: Tutela degli anormali fisici. - VI: Assistenza agli anormali psichici. - VII: L'istruzione dei ciechi. - VIII: L'istruzione dei sordomuti. - IX: Altre categorie minori. - X: Problemi speciali delle anormali. - XI: L'estensione dell'istruzione media inferiore ai minorati. - XII: Istruzione ed orientamento professionale. - XIII: Riordinamento dell'assistenza pubblica. - XIV: Inserimento dei minorati nella società. - XV: Il problema occupazionale. - XVI: L'assunzione obbligatoria e l'attuale ordinamento legislativo. - XVII: Le scuole professionali. - XVIII: Nuovi indirizzi di attività lavorative. - XIX: L'assistenza sociale. - XX: Estensione del problema in Italia. - XXI: L'attività privata. - XXII: L'attività pubblica.*

(Suite 10)

VON BERTALANFFY, L. - **Robots, Men and Minds.** Psychology in the Modern World. A vol. in-8, of x-150 pages. George Braziller, Inc., New York, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 5,00.

Science in the twentieth century, though it is conquering the universe, has neglected, even actively suppressed human nature. A science *of* and *for* man has become problematic, while psychology, during the first half of the century, has concentrated on what is at best a robot model of man. New ways in psychology and a new science of man: these have become increasingly urgent. And new directions and developments in the various disciplines have made possible such a psychology for modern man. In *Robots, Men and Minds*, Ludwig von Bertalanffy proposes a brilliant and stimulating approach to this problem and its possible solution: « There are certain principles in common in an emerging psychology of man or, as we should rather say, in a new science of man or general anthropology, because this will obviously be an interdisciplinary enterprise including biology, psychiatry, sociology, linguistics. economics, the arts and other fields. The key words of a new psychology, I propose, are *symbolism* and *system*. Somewhat more precisely: We have to define what is specific of human behavior and psychology; this is possible in terms of man's symbolic activities. And against the robot model of the primary reactivity of the organism a new conception emerges which, in psychological language, can be termed as that of man as an active personality system ». *Robots, Men and Minds* aims to place psychology within the mainstream of a maturing, contemporary, organismic world-view and to outline the new natural philosophy which is emerging. With the breadth of vision which characterizes all of his writing and with his astonishing familiarity with the various scientific and humanistic disciplines, Ludwig von Bertalanffy discusses a vast range of current developments and ideas in the perspective of this new science of man. The book culminates in an intriguing proposal for a unified philosophy of man in nature: « The organismic view is at the same time *perspectivistic*—that is, aware of its limitations, not a nothing-but philosophy believing to know and to have told everything, but tolerant of other philosophies and other experience — in arts, morals, religion — which may mirror other facets of an unfathomable reality ».

12

ALOUCHE, F., BELY, N., CROS, R.-C., GARDIN, J.-C., LÉVY, F. et PERRIAULT, J. - **Economie générale d'une chaîne documentaire mécanisée.** Un vol. in-8 (de la collection *Documentation et Information*), de XII-324 pages, avec figures. Gauthier-Villars, Paris, 1967. Sans indication de prix.

SOMMAIRE. - I. Cadres de l'étude. *I: Objectifs. - II: Définitions préalables.* - II. Description du modèle. *III: Principes généraux. - IV: Application.* - III. Déroulement de l'application. *V: Analyse des documents. - VI: Création des supports d'enregistrement. - VII: Mise en mémoire. - VIII: Fabrication sur machine à bande perforée. - IX: Exploitation sur calculateur. - X: Programme d'édition.* - IV. Bilan de l'étude. *XI: Observations économiques. - XII: Bilan.*

CAMPBELL, R. C. - **Statistics for Biologists.** A vol. in-8, of XII-242 pages, with 26 figures and LXX tables. Cambridge University Press, London, 1967. Price, bound, sh. 40.

This is a lucid introduction to the principles and more elementary techniques of statistical reasoning, particularly as they are relevant to the biologist. Dr Campbell believes that when a scientist first realizes his need for statistical tools, it is their meaning rather than their manipulation which causes him difficulty; once the logic is clear it is relatively easy to follow the form of the calculations. The author therefore pays particular attention to the validity and use of statistical procedures, the interpretation of results, and the meanings of the conclusions which can then be drawn. He starts by demonstrating the importance of statistical procedures in experiments and surveys,

(Suite 12)

and then describes the simpler non-parametric methods, with particular emphasis on the logic of statistical reasoning. Chapter 5 is concerned with decision theory, and the last three chapters with the application of the ideas developed earlier to the normal distribution. This book assumes no mathematical training and uses a minimum of mathematical jargon and symbolism. It will be useful to any biologist, student or research worker, who needs an introduction to statistical procedures.

CONTENTS. - *I: What is Statistics About? - II: Presenting the Information Contained in One Sample. - III: Comparing Several Samples. - IV: Association. - V: Choosing between Actions. - VI: The Normal Distribution. - VII: The Normal Variable in Experiments and Surveys. - VIII: Associated Normal Variables.*

DABONI, L. - **Elementi di calcolo delle probabilità.** Un vol. in-8 (della *Serie di Ricerca Operativa*, Vol. 8), di 128 pagine, con figure. Paolo Boringhieri, Torino, 1967. Prezzo, non rilegato, L. 2.200.

Questi « Elementi » sono frutto di una elaborazione di appunti che in più riprese l'Autore ha preparato per soddisfare talune esigenze didattiche (lezioni, conversazioni di seminario, introduzione a corsi di ricerca operativa ecc.). Dopo una breve premessa su questioni basilari di calcolo logico, l'Autore ha dedicato un capitolo alla nozione di probabilità e alle regole di calcolo, un capitolo alla nozione di variabile aleatoria e un ultimo capitolo ad una succinta illustrazione di particolari e fondamentali processi stocastici e loro applicazioni. In quest'ultimo capitolo sono inserite le notizie relative allo schema bernoulliano delle « prove ripetute » cui d'ordinario è riservato un ruolo privilegiato. La lettura di questi « Elementi » può essere utile anche per una formazione culturale degli insegnanti della Scuola Secondaria.

SOMMARIO. - *I: Nozioni fondamentali sugli eventi. - II: Probabilità. - III: Variabili aleatorie. - IV: Processi stocastici.*

13

***. - **The Human Mind.** A Discussion at the Nobel Conference Organized by Gustavus Adolphus College, St. Peter, Minnesota, 1967. Edited by J. D. ROSLANSKY. A vol. in-8, of XII-164 pages. North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1967. Price, bound, guilders 18.

This book which honors the memory of Dr James Franck (Nobel Prize winner Physics, 1925), presents the discussion at the third Nobel Conference held on January 11 and 12, 1967 and organized by the Gustavus Adolphus College, St. Peter, Minnesota.

CONTENTS. - *I: Evolution and the Conscious Self*, by Sir J. C. ECCLES. - *II: Biochemical Aspects of Learning and Memory*, by H. HYDÉN. - *III: Human Versus Artificial Intelligence*, by H. SMITH. - *IV: Christian Humanism and the Human Mind*, by J. M. GUSTAFSON. - *V: Molecular Parameters in Brain Function*, by F. O. SCHMITT. - *VI: Biochemical Aspects of Mental States*, by S. S. KETY. - *VII: The Nobel Foundation at Work*, by N. S. STAHLE.

ERISMANN, T. H. - **Zwischen Technik und Psychologie.** Grundprobleme der Kybernetik. Ein Band in-8, von VIII-178 Seiten, mit 64 Abbildungen. Springer-Verlag, Berlin, 1968. Preis, geh., DM. 19.80.

INHALT. - *I: Vorwort. - II: Präliminarien. - III: Das Neuron als Mittel der Datenverarbeitung. - IV: Synthese einfacher Neuronenschaltungen. - V: Das Gedächtnis. - VI: Gestaltserkennung. - VII: Leinstungen komplexer Neuronenschaltungen. - VIII: Ueberblick der technisch-naturwissenschaftlichen Problemstellung. - IX: Ueberblick der psychologisch-philosophischen Problemstellung. - X: Schlussbemerkungen.*

14

***. - **Kitāb Tabdir Al-Amrād Al-Hādda Li-Buqrāt.** (Hippocrates: Regimen in Acute Diseases). Edited and translated with Introduction, Notes and Glossary by M. C. LYONS. A vol. in-8 (*Arabic Technical and Scientific Texts*, Volume 1), of XXXVI-82 pages. Published for the Cambridge Middle East Centre by W. Heffer & Sons Ltd., Cambridge, 1966. Price, bound, sh. 30.

Hippocrates' *Regimen in Acute Diseases*, together with Galen's comments on it, provided the Arabs with a ready-made stock of theory and practical instruction in a subject which they themselves were particularly interested in investigating and developing. The present edition of the Arabic translation shows the form in which they received this derived knowledge, together with the obscurities and mistakes with which it confronted them.

***. - **Niels Bohr.** His Life and Work as Seen by his Friends and Colleagues. Edited by S. ROZENTAL. A vol. in-8, of 356 pages, with 60 pictures. North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1967. Price, bound, guilders 29.

CONTENTS. - *I: Childhood and Youth.* - *II: The Decisive Years 1911-1918*, by L. ROSENFELD and E. RÜDINGER. - *III: Glimpses of Niels Bohr as Scientist and Thinker*, by O. KLEIN. - *IV: Quantum Theory and Its Interpretation*, by W. HEISENBERG. - *V: Recollections from the Years 1929-1931*, by H. B. G. CASIMIR. - *VI: Niels Bohr in the Thirties. Consolidation and Extension of the Conception of Complementarity*, by L. ROSENFELD. - *VII: The Interest is Focussing on the Atomic Nucleus*, by O. R. FRISCH. - *VIII: The Forties and the Fifties*, by St. ROZENTAL. - *IX: The War Years and the Prospects Raised by the Atomic Weapons*, by A. BOHR. - *X: Reminiscenses from the Post-war Years*, by A. PAIS. - *XI: Niels Bohr and His Youngest Disciples*, by J. KALCKAR. - *XII: Review of Niels Bohr's Research Work*, by CH. MØLLER and M. PIHL. - *XIII: Niels Bohr and International Scientific Collaboration*, by V. F. WEISSKOPF. - *XIV: Niels Bohr and the Royal Danish Academy of Sciences and Letters*, by J. PEDERSEN. - *XV: Niels Bohr and the Danish Atomic Energy Research Establishment*, by V. KAMPMANN. - *XVI: Niels Bohr and the Danish Community*, by M. PIHL. - *XVII: Fifty Years of Friendship*, by R. COURANT. - *XVIII: The Versatility of Niels Bohr*, by P. A. M. DIRAC. - *XIX: Science and Administration*, by H. H. KOCH. - *XX: Memories of Tisvilde*, by W. SCHARFF. - *XXI: An Impression*, by M. ANDERSEN. - *XXII: My Father*, by H. BOHR.

GORDON, C. H. - **Homer and Bible.** The Origin and Character of East Mediterranean Literature. A vol. in-8, of 72 pages. Ventnor Publishers, Ventnor (N. J.), 1967. Price, unbound, Doll. U.S.A. 1,95.

This monograph marks the creative stage of a subject that is being constantly refined as well as expanded. More detailed and up-to-date contributions have been, and will be, written, but *Homer and Bible* retains its usefulness as the starting point for students embarking on this new and rewarding field of investigation.

CONTENTS. - *I: The Problem in Broad Outline.* - *II: Society.* - *III: War.* - *IV: Gods, Religion and Ritual.* - *V: Style and Idiom.*

SCHLEGEL, R. - **Completeness in Science.** A vol. in-8, of XVI-280 pages, with 14 figures. Appleton-Century-Crofts, New York, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 7,50.

The question of how far science can go in explaining the universe and in giving a guide to the total conduct of our lives is a problem considered, in this book, in diverse ways: with the pragmatic consideration of what we want from science, with a view of the logical aspects of scientific description and theory, and with reference to what science has found to be the nature of our physical universe. Among the topics that are brought to bear on the basic theme are Gödel's undecidability theorem, the meaning of infinity in mathematics and astronomy, the various contemporary cosmological models, and our understanding of nature and man's place in nature as given by modern quantum physics.

(Suite 14)

The author suggests a unifying element in the limitations of science as they appear in ordinary description, in logical and mathematical undecidability, and in the uncertainties of quantum theory. His study leads him to certain definite conclusions about the extent and limits of science.

CONTENTS. - *I: The Problem of Completeness in Science. - II: A Philosophy of Science. - III: Complete Description and Science. - IV: Completeness and Explanation. - V: The Gödel Incompleteness Theorem. - VI: Concepts of Infinity. - VII: Cosmology. - VIII: Decisions in Cosmology. - IX: The Natural Limits of Description. - X: The Observer in Quantum Physics. - XI: Criticisms of Quantum Theory. - XII: Atomic Finitude in Nature. - XIII: Completeness and Limitation in Science. - XIV: The Noncognitive Completion of Science.*

15

***. - **Les prix Nobel en 1966.** Un vol. in-8, de 182 pages, avec figures et tableaux. Imprimérie Royale P.A. Norstedt & Söner, Stockholm, 1967. Prix, relié, Dfl. 55.

SOMMAIRE. - *I: Les institutions Nobel. - II: L'attribution des prix. - III: Les cérémonies Nobel. - IV: Les insignes Nobel et le montant du prix. - V: Les lauréats. Notices bibliographiques.* - Les conférences Nobel. *I:* A. KASTLER, *Les méthodes optiques pour l'étude des resonances hertziennes. - II:* R. S. MULLIKEN, *Spectroscopy, Molecular Orbitals, and Chemical Bonding. - III:* P. ROUS, *The Challenge to Man of the Neoplastic Cell. - IV:* C. HUGGINS, *Endocrine-Induced Regressions of Cancers.*

HILL, A. V. - **The Ethical Dilemma of Science and other Writings.** A vol. in-8, of XVI-396 pages. The Rockefeller Institute Press, New York, 1960. Price, bound, Doll. U.S.A. 7,50.

CONTENTS. - I. The Ethical Dilemma of Science. *I: Living Mechanism. - II: The Present Tendencies and the Future Compass of Physiological Science. - III: Experiments on Frogs and Men. - IV: Scepticism and Faith. - V: Science, National and International, and the Basis of Co-operation. - VI: The Use and Misuse of Science in Government. - VII: Science in Parliament. - VIII: The Ethical Dilemma of Science. - IX: Science and Witchcraft, or, the Nature of a University.* - II. Trailing One's Coat. *I: Enemies of Knowledge. - II: The University of London Council for Psychical Investigation. - III: « Hypothecate » versus « Assume ». - IV: Pharmacy and Medicines Bill (House of Commons). - V: The Social Sciences. - VI: The Useful Guinea-pig. - VI: The Pure Politician. - VII: Mugwumps. - VIII: The Communists' New Weapon—Germ Warfare. - IX: Independence in Publication.* - III. About People. *I: Bertram Hopkinson. - II: Hartley Lupton. - III: Willem Einthoven. - IV: The Donnan-Hill Effect (The Mystery of Life). - V: F. W. Lamb. - VI: Another Englishman's « Thank you ». - VII: Ivan P. Pavlov. - VIII: E. D. Adrian in the Chair of Physiology at Cambridge. - IX: Louis Lapicque. - X: E. J. Allen. - XI: William Hartree. - XII: R. H. Fowler. - XIII: Joseph Barcroft. - XIV: Sir Henry Dale, the Chairman of the Science Committee of the British Council. - XV: August Krogh. - XVI: Otto Meyerhof. - XVII: Hans Sloane. - XVIII: On A. D. Ritchie's History and Methods of the Sciences. - XIX: Sir Alfred C. G. Egerton.* - IV. Refugees. *I: The International Status and Obligations of Science. - II: Nazi Dismissals. - III: Racial Hygiene and the Nobel Prize. - IV: Science and Learning in Distress. - V: Our Alien Friends. - VI: An Exile's Faith in Britain. - VII: Alien Interness (House of Commons). - VIII: Alien Doctors (House of Commons). - IX: Refugees as a Symptom of an International Disorder—Isolationism. - X: Victims of the Nazis. - XI: Refugee Problem (House of Commons). - XII: Punishing Nazi Criminals.* - V. Science in Two World Wars. *I: Air Defence. - II: The Creed of Saint Ribbentrop. - III: Science in the War. - IV: Science and Defence. - V: The Red Army. - VI: The War Situation (House of Commons). - VII: Weapons (House of Commons). - VIII: What Sort of People does he think we are? - IX: Science and Secrecy. - X: The Royal Navy Club.* - VI. Science in the Commonwealth. *I: Colonial Administration (House of Commons). - II: The Royal Society. - III: India—Scientific Development or Disaster. - IV: India (House of Commons). - V: Health, Food, and Population in India. - VI: Science in India.*

Le format de tous les livres annoncés ci-dessous est indiqué d'une façon uniforme, d'après le système adopté par la Bibliothèque Centrale Nationale de Florence et beaucoup d'autres Bibliothèques. Sont indiqués *in-folio* les volumes de plus de 38 centimètres de hauteur; *in-4* les volumes de 28 à 38 centimètres; *in-8* ceux de 20 à 28 centimètres; *in-16* ceux de 15 à 20 centimètres; *in-24* ceux de 10 à 15 centimètres; *in-32* les volumes qui ne dépassent pas les 10 centimètres de hauteur.

Libri ricevuti - Ouvrages reçus - Books received
Eingelaufene Werke - Libros recibidos

Les ouvrages qu'on nous adresse sont d'abord mentionnés ici, en dehors des comptes rendus dont ils peuvent être 'objet dans la suite.

Les ouvrages se succèdent dans l'ordre de la numération des groupes de matières énumérées ci-dessous:

1

Mathématiques
Calcul infinitésimal
Algèbre
Géométrie
Mécanique rationnelle et supérieure
Mécanique appliquée
Mathématiques appliquées et calcul numérique
Science des constructions
Calcul des probabilités

2

Astronomie
Astrophysique
Sciences spatiales
Cosmologie
Physique du plasma

3

Physique
Thermodynamique
Hydraulique
Optique
Acoustique
Electrologie
Electronique
Physique nucléaire et subnucléaire
Relativité
Théorie des quanta
Structure de la matière

4

Chimie générale
Chimie minérale
Chimie organique
Chimie structurale
Electrochimie
Chimie physique

5

Minéralogie
Géologie
Cristallographie
Géomorphologie
Géographie
Géodesie
Géophysique
Océanographie
Glacéologie
Vulcanologie
Séismologie
Météorologie
Climatologie
Ecologie
Paléontologie

6

Botanique
Zoologie
Entomologie
Microbiologie
Anthropologie
Embryologie
Anatomie humaine
Anatomie comparée
Histologie
Histochimie
Histophysique

7

Génétique
Théorie de l'évolution
Biologie
Biochimie
Biophysique
Biogéographie
Bionique

8

Physiologie
Electrophysiologie
Neurophysiologie

Pathologie humaine
Pathologie végétale
Pathologie animale

9

Philosophie
Logique
Philosophie de la science

10

Psychologie animale
Psychologie humaine
Psychopathologie
Psychanalyse

11

Ethnologie
Civilisations primitives
Linguistique

12

Sociologie
Droit
Economie
Statistique

13

Cybernétique
Biométrie
Théorie de l'information

14

Histoire de la philosophie
Histoire des sciences
Histoire des mathématiques
Histoire des religions
Histoire des civilisations

15

Epistémologie
Culture encyclopédique

1

ABRAHAM, R. with the assistance of J. E. MARSDEN. - **Foundations of Mechanics.** A Mathematical Exposition of Classical Mechanics with an Introduction to the Qualitative Theory of Dynamical Systems and Applications to the Three-Body Problem. A vol. in-8, of XXXVIII-296 pages, with many figures. W. A. Benjamin, Inc., New York, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 16,00.

This text and reference volume is a complete treatment of classical mechanics in the language of modern differential geometry. It is suitable for use as a physics text for a graduate level course in mechanics, for a mathematics course in differential geometry, and for the celestial mechanics course taught to astronomy majors.

CONTENTS. - *I: Differential Theory.* - *II: Calculus on Manifolds.* - *III: Conservative Mechanics.* - *IV: Time Dependent Mechanics.* - *V: Qualitative Theory of Vectorfields.* - *VI: Qualitative Theory of Hamiltonian Systems.* - *VII: The Three-Body Problem.* - Appendix A: *Topics from Topology*, by J. E. MARSDEN. - Appendix B: *Stability of the Center-Stable Manifold*, by AL KELLEY. - Appendix C: *On the Liapounov Sub-Center Manifold*, by AL KELLEY. - Appendix D: *The General Theory of Dynamical Systems and Classical Mechanics*, by A. N. KOLMOGOROV.

BLANC-LAPIERRE, A. - **Mécanique Statistique.** Avec une note de J. YVON et une note de B. PICINBONO. Préface de A. LICHNEROWICZ. Un vol. in-8 (de la *Collection d'ouvrages de mathématiques à l'usage des physiciens*), de XII-432 pages, avec 75 figures et tableaux. Masson & C.ie, Editeurs, Paris, 1967. Prix, cartonné toile, 97 F.

La Mécanique Statistique constitue l'un des outils de base de la physique théorique; sa connaissance est indispensable à toute explication des propriétés de la matière. Le présent ouvrage en contient un exposé d'ensemble avec applications à l'étude de divers phénomènes physiques. Les méthodes utilisées réduisent les problèmes généraux de la mécanique statistique à des questions aujourd'hui bien classiques de la théorie des probabilités. Cette façon de faire a l'avantage de situer la mécanique statistique dans son cadre mathématique naturel. Il est alors possible de donner aux méthodes qu'elle utilise une présentation rigoureuse et systématique se déroulant de façon logique et éliminant au maximum tout ce qui pourrait apparaître comme simple artifice de calcul. Les méthodes utilisées peuvent être appliquées aussi bien dans le cadre de la mécanique statistique classique que dans celui de la mécanique quantique. Cependant, cet ouvrage se place immédiatement dans celui de la statistique des systèmes quantifiés. Les résultats généraux mis en évidence sont appliqués à l'étude de systèmes en équilibre (gaz, rayonnement isotherme, chaleur spécifique des solides, électrons dans les solides...) et à celle de systèmes hors d'équilibre (théorème H, équation de Boltzmann, processus irréversibles, équations de Onsager...). Un chapitre est consacré à la thermodynamique statistique; un autre à l'étude de phénomènes de fluctuations. Des appendices fournissent ou rappellent au lecteur les résultats dont il peut avoir besoin pour la lecture de l'ouvrage, notamment en thermodynamique, en calcul des probabilités. Une note de M. Jacques Yvon, relative à la comparaison entre la mécanique quantique et la mécanique classique, met l'accent sur un certain nombre de points communs, faisant intervenir la mécanique statistique. Une note de M. Bernard Picinbono est consacrée au sujet « Fluctuations des faisceaux lumineux et gaz de photons ». Cet ouvrage, dont l'étude ne présente pas de difficultés pour les lecteurs possédant les connaissances de base de mathématiques, doit rendre service aux étudiants de second et de troisième cycle et aussi aux chercheurs de physique ou de mathématiques désirant acquérir un bon bagage de départ pour des applications ou des études plus spécialisées.

DIXMIER, J. - **Cours de mathématiques du premier cycle.** Première année. Un vol. in-8 (*Cahiers Scientifiques*, fascicule XXX), de VIII-472 pages, avec 149 figures. Gauthier-Villars Editeur, Paris, 1967. Prix, broché, 42 F.

SOMMAIRE. - I. Algèbre. *I: Ensembles.* - *II: Lois de composition.* - *III: Groupes.* - *IV: Anneaux.* - *V: Polynômes à une variable.* - *VI: Fractions rationnelles à une variable.* - *VII: Polynômes à plusieurs variables.* - *VIII: Espaces vectoriels.* - *IX: Matrices.* - *X: Déterminants.* - *XI: Systèmes d'équations linéaires.* - *XII: Notions affines.* - II. Analyse.

(Suite 1)

XIII: Construction des nombres réels. - XIV: Limites. - XV: Dérivées. - XVI: Intégrales. - XVII: Fonction logarithmique et fonctions associées. - XVIII: Calcul des primitives. - XIX: Formule de Taylor. - XX: Développements limités. - XXI: Normes. Distances. - XXII: Dérivées des fonctions vectorielles. - XXIII: Dérivées partielles. - XXIV: Différentielles. - XXV: Fonctions implicites. - XXVI: Equations différentielles du premier ordre. - III. Géométrie. *XXVII: Courbes paramétrées dans le plan. - XXVIII: Courbes paramétrées dans l'espace. - XXIX: Surfaces paramétrées dans l'espace. - XXX: Equations des courbes et des surfaces. - XXXI: Coordonnées polaires.*

ORE, O. - **I grafi e le loro applicazioni.** Traduzione di L. MURACCHINI. Un vol. in-16 (della collezione *Matematica Moderna*, N. 2), di 156 pagine, con numerose illustrazioni. Zanichelli, Bologna, 1966. Prezzo, non rilegato, L. 800.

In questo libro il Professor Ore mostra come la teoria dei grafi possa essere adoperata per scopi molto diversi: per registrare le partite giocate dalle squadre partecipanti a un campionato in ogni momento della stagione; per rappresentare un esperimento biologico di incroci; per preparare nel modo più efficiente il calendario per un torneo di scacchi; per determinare il modo meno costoso di costruire una rete ferroviaria; per illustrare la teoria matematica delle relazioni; per risolvere alcuni antichi indovinelli (per esempio, come « salvare capra e cavoli »); per analizzare le posizioni vincenti (o perdenti) in certi giochi. Ma nello studiare queste svariate applicazioni, il lettore comincerà a interessarsi alle proprietà dei grafi anche per se stesse e per le loro applicazioni a problemi matematici. Dopo aver introdotto alla terminologia dei grafi e alle loro fondamentali proprietà viene esposta e dimostrata la formula di Eulero per i poliedri: il volumetto si conclude con la dimostrazione che non occorrono più di cinque colori per colorare qualsiasi carta geografica in modo che tutti i paesi con qualche confine comune abbiano colori diversi tra loro e con l'accenno al celebre Problema dei Quattro Colori.

SOMMARIO. - *I: Che cos'è un grafo? - II: Grafi connessi. - III: Alberi. - IV: Accoppiamenti. - V: Grafi orientati. - VI: Questioni riguardanti giochi e rompicapi. - VII: Relazioni. - VIII: Grafi planari. - IX: I colori delle carte geografiche.*

SCHWARTZ, L. - **Mathematics for the Physical Sciences.** A vol. in-8, of 358 pages, with figures. Addison-Wesley Publishing Company, London, 1966. Price, bound, sh. 131.

Concerned with the mathematical methods of physics, this book discusses mathematical entities with care and demonstrates their elementary properties. Examples taken from the physical sciences show how these concepts should be applied. The theory of distributions is introduced early and used throughout the text. The previous knowledge assumed corresponds to that gained from a rigorous first-year university course, augmented with some ideas from linear algebra and functions of a complex variable. This concise book makes no pretense of being a comprehensive treatise, and in subjects where an extensive amount of proof would be required, only the essential results are stated. This translation has been revised and expanded from the French original, particularly in the suggested exercises and in the chapters on wave and heat conduction equations and Bessel functions.

CONTENTS. - *I: Preliminary Results in the Integral Calculus: Series and Integrals. - II: Elementary Theory of Distributions. - III: Convolution. - IV: Fourier Series. - V: The Fourier Transform. - VI: The Laplace Transform. - VII: The Wave and Heat Conduction Equations. - VIII: The Gamma Function. - IX: Bessel Functions.*

2

***. - **Ergebnisse der Plasmaphysik und der Gaselektronik.** BAND I. Herausgegeben von R. ROMPE und M. STEENBECK. Ein Band in-8, von XVI-484 Seiten, mit 192 Abbildungen und LXIX Tabellen. Akademie-Verlag, Berlin, 1967. Preis, geb., DM. 86.

(Suite 2)

INHALT. - I. Spektroskopische Methoden der Plasmadiagnostik, von W. NEUMANN. *I: Einleitung, Zielsetzung. - II: Verfahren zur Bestimmung von Volumenstrahldichten und Linienprofilen. - III: Klassifizierung von Spektren. - IV: Berechnung der Zusammensetzung eines thermischen Plasmas mit Boltzmann-Verteilung der Elektronenterme. - V: Plasmaparameterbestimmung über die Intensität von Spektrallinien, die von Atomen und Ionen in optisch dünner Schicht ausgestrahlt werden. Plasma im thermischen Gleichgewicht. - VI: Bestimmung von Temperaturen und Teilchendichten von merklich absorbierenden Plasmen. - VII: Plasmaparameterbestimmung aus dem Bandenspektrum von zweiatomigen Molekülen. - VIII: Teilchendichtebestimmung in Plasmen über den Brechungsindex. Laser-Diagnostik. - IX: Plasmaparameterbestimmung über die kontinuierliche Strahlung. - X: Plasmaparameterbestimmung aus Linienprofilen. Verschwinden von Spektrallinien an der Seriengrenze und das Problem der Erniedrigung der Ionisationsenergie. - XI: Gültigkeitsgrenzen der in den Kapiteln 5 bis 10 dargelegten Methoden der thermischen Spektroskopie. Einige spezielle Methoden der nichttermischen Spektroskopie.* - II. Magnetohydrodynamische Wellen. (Wellen in idealen Medien), von K. BAUMGÄRTEL und G. WALLIS. *I: Einleitung. - II: Ausbreitung ebener Wellen in homogenen Medien. - III: Wechselwirkung von MHD-Wellen mit Unstetigkeitsflächen. Ausbreitung in inhomogenen Medien. - IV: Ausbreitung in inhomogenen Medien. - V: Anhang.*

***. - **Space Research VIII.** Proceedings of Open Meetings of Working Groups of the Tenth Plenary Meeting of COSPAR, London, 25-28 July 1967. Organized by The Committee on Space Research - COSPAR and The Royal Society. Edited by A. P. MITRA, L. G. JACCHIA and W. S. NEWMAN. A. vol. in-8, of XVIII-1096 pages, with many figures and tables. North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1968. Price, bound, Dfl. 135.

As usual, this new issue of the COSPAR « Space Research » series embodies the proceedings of the Physical Sciences of the 1967 London Meeting, a smaller volume being especially devoted to « Moon and Planets ». As in the past, these Proceedings are the fruit of the close cooperation realized between the participating Scientific Unions and COSPAR.

CONTENTS. - *I: Tracking, Telemetry and Dynamics of Satellites. - II: Magnetosphere. - III: Polar Substorms in their Relation to the Dynamics of the Magnetosphere. - IV: Ionosphere. - V: Radiations. - VI: Collection and Detection of Interplanetary Dust. - VII: Aeronomy. - VIII: Reviews of Upper Atmosphere Structure and Variations. - IX: Mesosphere. - X: Thermosphere and Exosphere. - XI: Troposphere and Stratosphere.*

BEKEFI, G. - **Radiation Processes in Plasmas.** A vol. in-8 (*Wiley Series in Plasma Physics*), of XIV-378 pages, with many figures. John Wiley & Sons, Inc., London, 1966. Price, bound, sh. 146.

Radiation Processes in Plasmas presents experiments and theory on the emission, absorption, and scattering of electromagnetic waves in gaseous plasmas. The author has collected material from several hundred publications on plasma physics, nuclear energy, atomic processes, geophysics and astrophysics. Bringing this material together in one unified account, he provides a unique source book on the interpretation of plasma properties through observations of the radiation processes in ionized media in the laboratory and in space.

CONTENTS. - *I: Transport of Radiation. - II: Kirchhoff's Radiation Law. - III: Emission and Absorption from Binary Encounters. - IV: Fluctuations. - V: Collective Emission Phenomena. - VI: Cyclotron Emission. - VII: Waves in a Magnetoactive Plasma. - VIII: Scattering of Electromagnetic Waves from Density Fluctuations. - IX: Microinstabilities. - X: Experimental Methods.*

KIRSTEIN, P. T., KINO, G. S. and WATERS, W. E. - **Space-Charge Flow.** A vol. in-8, of XXX-510 pages, with figures. McGraw-Hill Book Company, London, 1967. Price, bound, Lgs. 10.10.0.

The book presents a complete and systematic account of the mathematical techniques that can be used to analyze space-charge flow problems... and shows how these

(Suite 2)

techniques can be applied to the design and analysis of electron and ion guns and focusing systems. Organized in a logical sequence, the book begins with general equations relating to any time-independent, non-relativistic flow. It then branches out to more specialized topics, such as approximate analyses of flows, electrode design techniques, and thermal velocities. A few examples of exact solutions to the flow equations are presented and discussed in considerable detail, as these exact solutions not only reveal important insights into the physical characteristics of space-charge flow, but also serve as guideposts in evaluating the validity of certain approximate treatments of problems too complex to solve by exact methods.

CONTENTS. - *I: The General Dynamics of Space-Charge Flow.* - *II: Exact Space-Charge-Flow Solutions.* - *III: Paraxial-Ray Equations.* - *IV: Uniform Focusing.* - *V: Periodic Focusing.* - *VI: Thermal Effects and Nomlaminar Flow.* - *VII: Analytical Methods of Electrode Design.* - *VIII: Approximate Theoretical Methods of Electrode Design.* - *IX: Analogs Used for Electrode Design.*

3

***. - **Electrons, Ions, and Waves.** Selected Works of William Phelps Allis. Edited by S. C. BROWN. A vol. in-8, of X-442 pages, with many figures and tables. The M.I.T. Press, London, 1967. Price, bound, sh. 187.

The selected papers of William Phelps Allis are gathered here in celebration of his elevation from Professor to Professor Emeritus of Physics at the Massachusetts Institute of Technology. This gathering was arranged as a surprise tribute to Professor Allis and was prepared under conditions of conspiring silence. The presentation was held at M.I.T. on May 10, 1967. The papers selected here are a worthy extension of the man himself, in their directness and essential simplicity.

CONTENTS. - I. Electrons and their Interactions with Atoms. *I: A Wave Theory of the Electron,* by W. P. ALLIS and H. MÜLLER. - *II: Theorie der Streuung langsamer Elektronen an Atomen,* by W. P. ALLIS and P. M. MORSE. - *III: The Effect of Exchange on the Scattering of Slow Electrons from Atoms,* by P. M. MORSE and W. P. ALLIS. - II. Diffusion and Mobility. *I: Theory of the Townsend Method of Measuring Electron Diffusion and Mobility,* by W. P. ALLIS and H. W. ALLEN. - *II: Plasma Electron Drift in a Magnetic Field with a Velocity Distribution Function,* by L. TONKS and W. P. ALLIS. - *III: The Transition from Free to Ambipolar Diffusion,* by W. P. ALLIS and D. J. ROSE. - *IV: On the Ambipolar Transition,* by W. P. ALLIS. - III. Motions of Electrons and Ions. *I: Velocity Distributions for Elastically Colliding Electrons,* by P. M. MORSE, W. P. ALLIS and E. S. LAMAR. - *II: Plasma Theory,* by W. P. ALLIS and S. J. BUCHSBAUM. - IV. Microwave Discharges. *I: The Effect of Magnetic Field on the Breakdown of Gases at Microwave Frequencies,* by B. LAX, W. P. ALLIS and S. C. BROWN. - *II: Electron Density Distribution in a High Frequency Discharge in the Presence of Plasma Resonance,* by W. P. ALLIS, S. C. BROWN and E. EVERHART. - *III: High Frequency Electrical Breakdown of Gases,* by W. P. ALLIS and S. C. BROWN. - V. Waves and Oscillations. *I: Electron Plasma Oscillations,* by W. P. ALLIS. - *II: Propagation of Waves in a Plasma in a Magnetic Field,* by W. P. ALLIS. - *III: Notions générales sur la théorie macroscopique des ondes dans les plasmas,* by W. P. ALLIS and J. L. DELCROIX. - *IV: Coupling between Electromagnetic and Electron Waves in a Plasma,* by W. P. ALLIS and S. J. BUCHSBAUM. - VI. Plasma Properties. *I: Diamagnetism of a Long Cylindrical Plasma,* by W. P. ALLIS. - *II: The Relation between the Transport and the Orbit Models for a Plasma,* by S. FRANKENTHAL and W. P. ALLIS. - *III: Scattering Loss from Magnetic Mirror Systems—I,* by D. J. BENDANIEL and W. P. ALLIS. - *IV: Scattering Loss from Magnetic Mirror Systems—II.* - VII. Special Type of Discharge. *I: The Initial Avalanche in Discharge Counter Breakdown,* by S. C. BROWN and W. P. ALLIS. - *II: A Theory of the Initial Avalanche in the Breakdown of a Discharge Counter in Helium,* by S. C. BROWN.

FLÜGGE, S. - **Lehrbuch der Theoretischen Physik.** In fünf Bänden. BAND II: **Klassische Physik I. Mechanik geordneter und ungeordneter Bewegungen.** Ein Band in-8, von VIII-376 Seiten, mit 64 Abbildungen. Springer-Verlag, Berlin, 1967. Preis, geb., DM. 48.

(Suite 3)

INHALT. - I. Mechanik eines Systems von Massenpunkten. *I: Grundbegriffe. - II: Massenpunktsystem mit Nebenbedingungen (Lagrangesche Gleichungen erster Art). - III: Rotierendes Koordinatensystem. - IV: Mechanik des starren Körpers. - V: Lagrangesche Gleichungen zweiter Art. - VI: Die kanonischen Gleichungen. - VII: Kanonische Transformationen. - VIII: Kanonische Punkttransformationen. Normalkoordinaten. - IX: Kanonische Invarianten.* - II. Mechanik der Kontinua. *X: Deformationstensor und Spannungstensor. - XI: Statik und Dynamik elastischer Körper. - XII: Elastische Wellen. - XIII: Feldtheoretische Formulierung der Elastizitätstheorie. - XIV: Hydrodynamik zäher Flüssigkeiten. - XV: Hydrodynamik vollkommener Flüssigkeiten. - XVI: Freie Flüssigkeitsoberflächen. - XVII: Erweiterungen des Hookeschen Gesetzes.* - III. Einführung in die statistische Methode. *XVIII: Makro- und Mikrozustände. Wahrscheinlichkeit eines Makrozustandes. - XIX: Entropie. Stirlingsche Formel. - XX: Ideales Gas. - XXI: Ideales Gas aus zweiatomigen Molekülen. - XXII: Hohlraumstrahlung. - XXIII: Spezifische Wärme fester Körper. - XXIV: Uebergangswahrscheinlichkeiten. H-Theorem. - XXV: Die Boltzmannsche Stossgleichung. - XXVI: Aufbau der kinetischen Gastheorie auf die Boltzmann-Gleichung. - XXVII: Abweichungen vom Gleichgewicht. Die erste Näherung von Chapman und Enskog. - XXVIII: Die Metallelektronen als Gas. - XXIX: Grundlagen der Quantenstatistik. - XXX: Quantenstatistik einatomiger Gase.* - IV. Klassische Thermodynamik. *XXXI: Der erste Hauptsatz (Energiesatz). - XXXII: Der zweite Hauptsatz (Entropiesatz). - XXXIII: Anwendungen des zweiten Hauptsatzes. - XXXIV: Das van der Waalssche Modell der reellen Gase. - XXXV: Gasmischung. - XXXVI: Phasenumwandlungen. - XXXVII: Thermochemie.*

POHL, R. W. - **Elektrizitätslehre.** 20. verbesserte und ergänzte Auflage. Ein Band in-8 (*Einführung in die Physik*, Band II), von XII-346 Seiten, mit 580 Abbildungen. Springer-Verlag, Berlin, 1967. Preis, geb., DM. 39.

INHALT. - I. Ladungen und Felder. *I: Messinstrumente für Strom und Spannung. - II: Das elektrische Feld. - III: Kräfte und Energie im elektrischen Feld. - IV: Kapazitive Stromquellen und einige Anwendungen elektrischer Felder. - V: Das magnetische Feld. - VI: Die Induktionserscheinungen. - VII: Die Verknüpfung elektrischer und magnetischer Felder. - VIII: Die Abhängigkeit der Felder vom Bezugssystem. - IX: Kräfte in magnetischen Feldern. - X: Anwendungen der Induktion, insbesondere induktive Stromquellen und Elektromotoren. - XI: Trägheit des Magnetfeldes und Wechselströme. - XII: Elektrische Wellen.* - II. Materie in den Feldern und Mechanismus der Leitungsströme. *XIII: Materie im elektrischen Feld. - XIV: Materie im magnetischen Feld. - XV: Mechanismus des unselbständigen Leitungsstromes in Zimmerluft. - XVI: Mechanismus des Leitungsstromes in Flüssigkeiten. - XVII: Mechanismus des Leitungsstromes im Hochvakuum. - XVIII: Verschiedene Formen der Elektrizitätsleitung in Gasen. - XIX: Kanalstrahlen und Massenspektrographen.* - III. Atomkerne, Relativitätsprinzip und Elementarteilchen. *XX: Natürliche Radioaktivität. - XXI: Relativitätsprinzip als Erfahrungstatsache. - XXII: Kernreaktionen und künstliche Radioaktivität. - XXIII: Beschaffenheit der Atomkerne. - XXIV: Höhenstrahlung und Elementarteilchen.* - IV. Elektrische und magnetische Eigenschaften fester Körper. *XXV: Elektrizitätsleitung in festen Körpern. - XXVI: Elektrische Felder in der Grenzschicht zweier Substanzen. - XXVII: Anwendungen nichtmetallischer Elektronenleiter. - XXVIII: Ferromagnetismus und verwandte Erscheinungen. - XXIX: Supraleitung. - XXX: Definition elektrischer Grössen und ihre Einheiten.*

STEIN, S. and JONES, J. J. - **Modern Communication Principles.** With Application to Digital Signaling. A vol. in-8, of XII-382 pages, with many figures. McGraw-Hill Book Company, London, 1967. Price, bound, Lgs. 7.0.0.

Here is a comprehensive, straightforward approach to modern communication principles. Designed for self-study, this book is self-contained — requiring no additional references for full understanding of the material. The mathematical treatment is relatively simple, and is made even more accessible by a refresher chapter on Fourier transforms at the beginning of the book. This book provides unusually broad coverage of the communication field, with special attention to the area of digital radio communications. It presents the most advanced theoretical models involved in radio communication design. Applications to system design are emphasized throughout, while presenting the important theory needed by the reader.

(Suite 3)

CONTENTS. - *I: Frequency Spectra and Fourier Theory. - II: Correlation of Deterministic Signals. - III: Narrow-Band, Bandpass Signals and Systems. - IV: Random Processes and Noise Analysis. - V: Amplitude (Linear) Modulation. - VI: Angle (Nonlinear) Modulation. - VII: Pulse Modulation. - VIII: Multiplexing Techniques. - IX: Introduction to Digital Signaling. - X: Binary On-Off Keying (OOK). - XI: Binary Frequency-Shift Keying (FSK). - XII: Binary Phase-Shift Keying (PSK). - XIII: Matched-Filters and Correlation Detection. - XIV: M-ary Signaling. - XV: Channel Capacity and Error-Control Coding. - XVI: Fading Radio Channels. - XVII: Diversity Techniques.*

TANENBAUM, B. S. - **Plasma Physics.** A vol. in-8, of XIV-362 pages, with figures. McGraw-Hill Book Company, London, 1967. Price, bound, Lgs. 6.6.0.

This is both an introduction to the theory of plasmas for students planning to do further work in the subject and a survey for students with other research interests who want to have some knowledge of plasmas. The text's major feature is the level of presentation. The aim throughout is to use derivations that are complete enough for the advanced undergraduate or graduate to follow with conviction, but ones that do not require too much mathematical sophistication of the reader. While the coverage is broad, all topics are treated with as much simplicity as possible. Professor Tanenbaum introduces the easier topics (both conceptually and mathematically) in the first half of the text and the more advanced topics in the final chapters. This enables instructors to cover most of the first half of the book with no trouble and to select any extra topics from the later chapters. The text covers all the important models that are used to describe plasmas: the single particle picture; magnetoionic theory; the continuum or fluid description; the treatments using the Boltzmann-Vlasov and the full Boltzmann equation as well as the simpler Krook and Fokker-Planck collision models; and the B.B.G.K.Y. equations.

CONTENTS. - *I: Motion of a Charged Particle in Electromagnetic Fields. - II: Magnetoionic Theory. - III: Continuum Equations for a Plasma. - IV: The Boltzmann-Vlasov Equation for a Plasma. - V: The Boltzmann Equation for a Plasma. - VI: The BBGKY Equations for a Plasma.*

WYSZECKI, G. and STILES, W. S. - **Color Science. Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulas.** A vol. in-8, of XVI-628 pages, with many figures and many tables. John Wiley & Sons, Inc., London, 1967. Price, bound, sh. 260.

This book is the comprehensive source of information on physical data required by the practical and theoretical worker. The author's aim is to assemble the quantitative tools for work on color: essential details of light sources, optical filters, and detectors required in experimentation — succinct accounts of the working concepts in color-matching, color discrimination and color adaptation — logical presentations of the formulas arising in the development of these concepts — and the expression, mainly in the form of tables, of the quantitative properties of human color vision generally accepted as the standard data applicable in calculations.

CONTENTS. - *I: Physical Data. - II: The Eye. - III: Colorimetry. - IV: Photometry. - V: Color and Brightness Matching. - VI: Color Discrimination. Uniform Color Scales. Line Elements. - VII: Miscellaneous Visual Concepts and Data.*

4

***. - **Nouveau Traité de Chimie Minérale.** Publié sous la direction de P. PASCAL. **Tome XVII** (en deux fascicules). PREMIER FASCICULE: **Fer,** par G. CHAUDRON, M.lle H. MASSIOT, A. MICHEL, M.me H. MONDANGE, P. PASCAL, M.me S. TALBOT-BESNARD. Un vol. in-8, de XL-938 pages, avec 400 figures et nombreux tableaux. Masson & C.ie, Editeurs, Paris, 1967. Prix, cartonné toile, 192 F.

(Suite 4)

Le tome XVII — fascicule 1 comporte 938 pages de texte et 400 figures, parmi lesquelles de nombreuses microphotographies métallographiques, sur papier couché. Plus de 5.500 références bibliographiques permettent d'en compléter les indications. L'ouvrage est consacré à l'étude très détaillée du Fer, de son élaboration à partir de ses minerais, et de celle de ses formes diverses: fonte, aciers binaires, etc... Suit l'étude de ses propriétés mécaniques, physiques et chimiques, en particulier de sa corrosion. Le reste du volume décrit les combinaisons binaires non ionisables du métal (oxydes, sulfures, etc...) ou organométalliques et carbonyliques (l'étude des sels simples ou complexes a été l'objet principal du tome XVIII du même traité). Avec la publication prochaine du tome VIII (fascicule I), consacré au Carbone, le Nouveau Traité se trouvera donc complètement terminé, sous sa forme primitivement prévue, en 30 volumes. Il a fallu cependant prévoir deux gros volumes de suppléments, à cause du développement des études sur l'Uranium, tome XV (fascicule 4) et des Transuaniens, tome XV (fascicule 5); le premier de ceux-ci paraîtra probablement avant le tome VIII (fascicule 1). Alors sera sans doute définitivement terminé ce gros ouvrage de près de 28.000 pages de texte, avec plus de 160.000 références bibliographiques.

BERNARD, A. M. et MAIRE, J. C. - **Manipulations de Chimie Physique.** 1er cycle, 1re année, P.C., C.B. et B.G. Préface de J. BYE. Un vol. in-8, de X-130 pages, avec 45 figures et tableaux. Dunod, Paris, 1967. Prix, broché, 12 F.

Cet ouvrage est utile à la fois à l'étudiant de première année des premiers cycles P.C., C.B. et B.G., et à l'assistant qui monte les manipulations. Il est conçu sur la base de seize séances annuelles de trois heures, au cours desquelles l'étudiant effectue douze manipulations de chimie physique, précédées en début d'année de quatre séances de dosages de type classique, effectuées simultanément par tous les étudiants et destinées à l'acquisition des gestes élémentaires. Les quinze manipulations sont conformes au programme officiel et tiennent compte des recommandations émises par la V° Conférence internationale sur l'enseignement de la chimie en propédeutique, qui s'est tenue à Vichy en avril 1966.

CHARLOT, G. - **Cours de chimie analytique générale** TOME I: **Solutions aqueuses et non aqueuses.** Un vol. in-8 (de la collection *Cours à l'usage des étudiants en maîtrise de chimie*), de VI-264 pages, avec 93 figures. Masson & C.ie, Editeurs, Paris, 1967. Prix, cartonné toile, 39 F.

Ce volume est le premier d'une série de trois ouvrages qui rassemblent l'essentiel de l'enseignement de Chimie analytique générale de 2e cycle à la Faculté des Sciences de Paris. Le but de cet enseignement est de familiariser l'étudiant avec la mise en oeuvre des moyens analytiques en vue d'aborder et de résoudre des problèmes de chimie. Dans la première partie de ce premier volume, aucune méthode de mesure n'est utilisée; tous les essais peuvent être effectués en tubes à essais ou sur la plaque à godets. Les essais décrits et les exercices proposés sont, dans l'esprit même de l'auteur, très importants. A l'examen partiel, des essais du même genre sont effectués; ils doivent être expliqués par l'étudiant et justifiés par des calculs simples. Dans la seconde partie, les réactions chimiques sont envisagées du point de vue quantitatif. L'utilisation de solvants autres que l'eau est envisagée. La formation de Chimie analytique générale que l'auteur s'efforce ici de développer, est indispensable à tout chimiste que se spécialisera ensuite dans l'une des branches de la Chimie.

SOMMAIRE. - *I: Equilibres en milieu homogène. - II: Equilibres hétérogènes. Séparations. - III: Les équilibres ne sont pas réalisés. - IV: Analyse quantitative. - V: Solvants variés.*

GARRELS, R. M. et CHRIST, C. L. - **Equilibres des minéraux et de leurs solutions aqueuses.** Traduit par R. WOLLAST. Un vol. in-8 (de la collection *Monographies de Chimie Minérale*), de XVI-336 pages, avec nombreuses figures et tableaux. Gauthier-Villars, Paris, 1967. Prix, cartonné, 74 F.

« Solutions, Minerals and Equilibria » dont le présent volume est la traduction, comporte 11 chapitres et 350 pages. Les auteurs ont ajouté de nouveaux chapitres sur

(Suite 4)

les ions complexes, l'échange des cations et les électrodes cationiques ainsi que les diagrammes combinés obtenus en utilisant plusieurs activités comme variables et montrant les relations entre silicates, carbonates et d'autres espèces minérales. Finalement l'influence de la température et de la pression sur les équilibres a fait l'objet d'un chapitre nouveau. La plupart des chapitres originaux ont été considérablement ramaniés, en y incluant principalement les effets dus aux propriétés des solutions solides et gazeuses. D'une manière générale, les relations entre les concentrations et les activités sont traitées d'une manière plus détaillée. Des problèmes et leurs solutions figurent à la fin des principaux chapitres et les références bibliographiques citées sont plus nombreuses. La matière a été traitée de telle sorte que les démonstrations mathématiques puissent être négligées. Les calculs destinés à établir les diverses équations sont renseignés dans certains chapitres, principalement le chapitre 9 qui concerne l'influence de la température et de la pression sur les équilibres. Cependant les nombreux exemples numériques qui y sont décrits permettent l'utilisation directe des relations établies.

SOMMAIRE. - *I: Introduction. - II: Relations entre l'activité et la concentration. - III: L'équilibre des carbonates. - IV: Ions complexes. - V: Mesure du Eh-pH. - VI: Diagrammes des pressions partielles. - VII: Diagrammes Eh-pH. - VIII: Echange ionique et électrodes sensibles aux ions. - IX: Influence de la température et de la pression sur l'équilibre. - X: Diagrammes combinés. - XI: Quelques applications géologiques des diagrammes d'équilibre des minéraux.*

LAFFITTE, M. - **Cours de Chimie Minérale.** Préface de M. BOULLÉ. Dessins de G. JACQUEMONT. Un vol. in-8 (de la *Collection Enseignement de la Chimie*), de XVI-318 pages, avec 170 illustrations. Gauthier-Villars, Paris, 1967. Sans indication de prix.

Le *Cours de Chimie Minérale* correspond au programme de 2e année du 1er cycle très voisin de celui des classes préparatoires aux Grandes Ecoles d'Ingénieurs, programmes que M. Marc Laffitte connaît bien pour avoir participé à leur élaboration. Il était souhaitable qu'une quasi identité soit ainsi établie entre les notions de chimie enseignées aux étudiants à leurs débuts en Faculté et aux élèves des classes préparatoires aux Grandes Ecoles; elle peut faciliter des changements d'orientation pour des jeunes gens dont les goûts et les possibilités ne sont pas encore très affirmés.

SOMMAIRE. - *I: La chimie minérale. - II: La classification des éléments. - III: Les réactions acidobasiques. - IV: Les réactions d'oxydo-réduction. - V: L'hydrogène. - VI: L'oxygène. - VII: L'eau. - VIII: Les composés binaires de l'hydrogène. - IX: Oxydes et dérivés hydroxylés. - X: Les halogénures. - XI: Les sels. - XII: Les corps simples. - XIII: L'état solide. - XIV: Méthodes de purification.*

5

***. - **The Atmosphere and the Sea in Motion.** Scientific Contributions to the Rossby Memorial Volume. Edited by B. BOLIN. A vol. in-8, of II-510 pages, with 298 figures and tables. The Rockefeller University Press, New York, 1959. Price, bound, Doll. U.S.A. 15,00.

This book opens with an article by Professor Rossby himself on « Current Problems in Meteorology ». This paper, completed a few months before his death, was prepared for the non-specialist. It presents a penetrating appraisal of many of the dominant problems of meteorology and exemplifies the characteristically broad sweep of Professor Rossby's vision. Two biographical sketches follow, by Rossby's lifelong associates, Tor Bergeron of the University of Uppsala and Horace R. Byers of the University of Chicago. The remainder of the book consists of 46 scientific papers by colleagues and students of Rossby. These treat in detail a number of the problems outlined in Professor Rossby's introductory article, grouped under five main headings: The Sea in Motion - Distrubution of Matter in the Sea and Atmosphere - The General Circulation of the Atmosphere - Characteristic Features of Atmospheric Motion - Weather Forecasting.

(Suite 5)

ERHART, H. - **La genèse des sols en tant que phénomène géologique.** Esquisse d'une théorie géologique et géochimique. Biostasie et rhexistasie. Deuxième édition, revue, corrigée et augmentée. Un vol. in-8 (de la collection *Evolution des Sciences*, N. 8), de 178 pages. Masson & C.ie, Editeurs, Paris, 1967. Prix, cartonné, 31 F.

L'ensemble de l'ouvrage démontre le rôle extraordinaire qu'a joué le Bios continental et la pédogenèse dans le déroulement de l'histoire géologique. A ce titre, tous les naturalistes, - aussi bien ceux qui s'intéressent à l'évolution de la matière minérale que ceux que préoccupent les problèmes de l'Évolution biologique, - trouveront profit à suivre les démonstrations offertes par l'auteur. L'ouvrage intéresse donc non seulement les géologues, sédimentologistes, minéralogistes, géochimistes, phytogéographes, océanographes, etc., mais aussi les métallogénistes et les gîtologistes en général.

SOMMAIRE. - I. Exposé de la théorie de la bio-rhexistasie. *I: Fondements et définition de la théorie bio-rhexistasique (équilibre et ruptures d'équilibre biologique). - II: Pédogenèse et genèse des sédiments. - III: Discussion des problèmes de la chronologie et des causes en géologie. - IV: Discussion relative aux sédiments continentaux. - V: Evolution de la matière minérale et transformisme biologique.* - II. Perfectionnements de la théorie. Données nouvelles et discussions critiques. *VI: Réponses à quelques objections. - VII: De quelques perfectionnements et utilisations de la théorie. - VIII: Application de la théorie en gîtologie minière exogène.*

MANI, M. S. - **Ecology and Biogeography of High Altitude Insects.** A vol. in-8 (Volume 4 of the *Series Entomologica*), of XVI-528 pages, with 80 figures and XLI tables. Dr. W. Junk N.V. Publishers, The Hague, 1968. Price, bound, guilders 100.

The author has described here the distinctive characters of the high altitude environment, the ecological specializations of the high altitude insects, their ecological interrelations and the outstanding peculiarities of their biogeography. He has also presented here an outline of the high altitude entomology of the principal mountains of the world, with brief accounts of their orogeny, geology and vegetation. The emphasis is throughout on the evolution of the high altitude ecosystem as an integral part of the orogeny. High mountains are important and independent centres of origin and differentiation of distinctive and highly specialized ecosystems and faunas.

CONTENTS. - *I: Introduction. - II: The High Altitude Environment. - III: Ecological Specializations of High Altitude Insects. - IV: Ecological Interrelations at High Altitudes and High Altitude Insect Communities. - V: Some Typical High Altitude Insects and other Arthropoda. - VI: Distribution of High Altitude Insects. - VII: The Mountains of Equatorial East Africa. - VIII: Other Tropical Mountains. - IX: The Himalaya. - X: The Alai-Pamirs and the Tien Shan. - XI: The Alps and the Carpathians. - XII: The Boreo-Alpine Insects. - XIII: Other Mountains of the North Temperate Regions of the Old World. - XIV: The Mountains of the North Temperate Regions of the New World. - XV: Subarctic and Arctic Mountains. - XVI: The Mountains of the South-Temperate, Austral and Antarctic Regions.*

NELSON, A and NELSON, K. D. - **Concise Encyclopaedic Dictionary of Applied Geology.** Mining and Civil Engineering. A vol. in-8, of VIII-422 pages, with 26 figures. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1967. Price, bound, Dfl. 30.

This illustrated dictionary gives a comprehensive coverage of the geological terms related to mining and civil engineering. A detailed list of minerals, gemstones, and rock types is given. Many of the rare minerals are included. Where considered useful, details of their economic value and industrial uses are appended. The terminology relating to mineral deposits is also treated in some detail, as are the raw fuels, coals, petroleum and natural gas. Other subjects covered include building materials, rock structures in relation to mining and civil engineering projects, including dams, reservoirs, roads, landslides, and general earthworks and excavations; water resources and supplies; soil mechanics and site investigations; and also exploration, geophysics, ex-

(Suite 5)

ploratory drilling and sampling. Intended primarily for students and engineers in the mining and civil engineering professions, the dictionary should also prove of value and interest to contractors and firms engaged in excavation and in handling soils, rocks and water at or near the surface.

TERMIER, H. et TERMIER, G. - **Formation des continents et progression de la vie.** Deuxième édition entièrement refondue. Un vol. in-8 (de la collection *Evolution des Sciences*, N. 3), de 174 pages, avec 4 figures, I tableau, IV cartes, XXIV planches hors texte. Masson & C.ie, Editeurs, Paris, 1967. Prix, cartonné, 35 F.

Cet ouvrage, comme la collection dont il fait partie, est destiné au grand public cultivé. Les auteurs ont cherché à résumer ce que l'on sait aujourd'hui de la genèse des continents et de l'installation de la Vie sur le Globe, en s'appuyant sur les données récentes des autres Sciences. Ces deux sujets, qui ont entre eux des liens multiples, offrent l'avantage de situer dans leur ordre naturel la plupart des faits géologiques, ainsi que de permettre l'intégration des grands résultats de la pétrographie et de la paléontologie dans le cadre de la Géologie Générale. Parmi les points de vue nouveaux et les conceptions rajeunies ainsi utilisés, citons: les notions d'orogène et de géosynclinal; la mise en lumière de la séquence complète des phénomènes qui se produisent au cours de l'évolution d'un orogène (séquence désignée sous le nom de « drame »); l'intervention de la Géochimie, qui permet de comprendre bien des aspects de la genèse des roches et d'entrevoir comment peut se produire une succession chimico-minéralogique régulière parmi les types pétrographiques; le perfectionnement de la tectonique dû aux emprunts qu'elle a fait à la mécanique et le développement particulier de la tectonique d'écoulement et du diapirisme; l'importance récente de l'Écologie pour la Stratigraphie. L'histoire de la croûte terrestre obéit à des lois dont les principales régissent les « drames ». Sur ce fond périodique de processus physico-chimiques, s'est greffée l'activité de la Vie qui s'est développée pour son compte, en déroulant la chaîne irréversible de l'Évolution organique. Enfin l'Évolution a franchi une indéniable discontinuité en passant à l'Homme, capable de pensée.

SOMMAIRE. - *I: Données premières sur la géologie des continents. - II: Le drame géologique. - III: Evolution des continents. - IV: Assemblages continentaux. - V: Orogènes actuels. - VI: La surface terrestre au cours des Temps Fossilifères. - VII: Situation de l'homme dans l'histoire de la Terre.*

6

***. - **De l'embryologie expérimentale à la biologie moléculaire.** Publié sous la direction de E. WOLFF. Un vol. in-8, de VI-174 pages, avec 71 figures. Dunod, Paris, 1967. Prix, broché, 32 F.

Affrontant directement les rapports entre l'embryologie et la génétique cellulaire, ce livre pose les problèmes, montre les difficultés qui subsistent et dans quelles voies se sont engagées les recherches. Il intéressera les biologistes, les médecins, les esprits curieux des problèmes d'avant-garde, des progrès récents de la science et des difficultés qui restent à vaincre. Chercheurs, professeurs, étudiants avancés et esprits cultivés le liront aussi avec profit.

SOMMAIRE. - *I:* E. WOLFF, *Introduction. - II:* J. BRACHET, *Le rôle du noyau cellulaire et des acides nucléiques dans la morphogénèse. - III:* J. BRACHET, *Morphogénèse et synthèse des protéines en l'absence du noyau cellulaire. - IV:* W. BEERMANN, *La signification du « Puffing » dans les chromosomes géants des diptères. - V:* W. BEERMANN, O. HESS et G. F. MEYER, *Les chromosomes plumeux Y au cours de la spermatogénèse de la Drosophile. - VI:* A. MONROY, *Contrôle de la gastrulation chez les Echinodermes. - VII:* R. TURPIN, *Gémellités monozygotes et aberrations chromosomiques (monozygotisme hétérocaryote). - VIII:* H. JÉROME, *Tentatives de localisation chromosomique de la commande*

(Suite 6)

de quelques synthèses protéiques chez l'homme. - IX: J. TURCHINI, *Recherches récentes sur l'induction enzymatique.*

MARTOJA, R. et MARTOJA-PIERSON, M. - **Initiation aux techniques de l'histologie animale.** Préface de P.-P. GRASSÉ. Un vol. in-8, de 346 pages, avec 26 figures et tableaux. Masson et C.ie, Editeurs, Paris, 1967. Prix, cartonné toile, 56 F.

Ce livre se propose d'être à la fois un ouvrage d'initiation destiné aux histologistes débutants, et un manuel aide-mémoire réunissant, sous une forme concise, environ 200 techniques parmi les plus classiques de l'histologie générale, de la cytologie et de l'histochimie. Cette double orientation le destine donc à un public particulièrement large. Il peut être le complément d'un enseignement oral et trouver sa place dans tous les laboratoires qui utilisent l'histologie comme méthode de base ou d'appoint. Des considérations théoriques - principe et critique de la méthode - accompagnent l'énoncé des techniques, parmi lesquelles figurent des procédés très récents. La disposition typographique sépare clairement les données pratiques et théoriques. Un formulaire groupant les réactifs les plus usuels, un index des auteurs et un index des matières permettent de consulter le livre rapidement et sans difficulté.

SOMMAIRE. - *I: Histologie générale et cytologie. - II: Histochimie. - III: Histo-autoradiographie. - IV: Histo-enzymologie. - V: Réactions histochimiques combinées.*

ROMANOFF, A. L. with the collaboration of A. J. ROMANOFF. - **Biochemistry of the Avian Embryo.** A Quantitative Analysis of Prenatal Development. A vol. in-8, of XVIII-398 pages, with 103 figures and XLIX tables. John Wiley & Sons, Inc., London, 1967. Price, bound, sh. 156.

Based on the comprehensive analyses of the world scientific literature, *Biochemistry of the Avian Embryo* is a detailed study of the quantitative chemical transformation of the avian egg into the chick. The book is a response to the growing need for quantitative correlative knowledge of chemical embryology. It embraces all the pertinent components of the developing egg: the embryo as a whole... its specialized organ tissues and blood... all of the subservient extraneous structures consisting of living membranes—and of nonliving matter. The chemical material is organized according to the morphological components to simplify the understanding of various biological relationships within the highly complex physicochemical system of the developing avian egg. One hundred and sixty-eight pages of tabulated basic data (comprising 49 numbered tables) supplement the text and one hundred and thirteen graphic illustrations help to clarify the factual material.

CONTENTS. - *I: Chemistry of the Whole Embryo. - II: Chemistry of the Embryonic Organ Tissues. - III: Chemistry of the Embryonic Blood. - IV: Chemistry of the Extraembryonic Membranes. - V: Chemistry of the Nonembryonic Portions of the Egg. - VI: Gross Metabolic Changes within the Egg. - VII: Pattern of Prenatal Chemical Growth. - VIII: Bioenergetics of the Developing Egg. - IX: Physicochemical Phenomena of the Egg Contents.*

THREADGOLD, L. T. - **The Ultrastructure of the Animal Cell.** A vol. in-8, of XXIV-314 pages, with many figures. Pergamon Press, Oxford, 1967. Price, bound, Lgs. 5.

This is primarily a textbook concerned especially with the ultrastructure of the animal cell, as revealed by electron-microscopy. It is divided into two parts dealing with the cell in interphase and division respectively. In the first part, there is a preliminary chapter on electron-microscopy and the subsequent chapter covers the morphology and functional morphology of the interphase cell as observed by techniques other than electron-microscopy. In succeeding chapters the cell is divided into its component parts, i.e. nucleus, plasma membrane, etc., and each of these is considered in detail, with respect to average dimensions, size range and structural variations between species and during cellular activity. This section is completed by a chapter illustrating the cooperation and interrelationship of the various cell organoids and structures during cell function by means of selected examples of cellular differentiation, ingestion and secretion

(Suite 6)

in embryos and adults. The second part opens with a preliminary chapter on mitosis and meiosis and is followed by a consideration of the fine structural features of the nuclear membrane and chromosomes, other nuclear structures, centrioles and spindle fibres during cell division in protozoa and metazoa. There is currently no other textbook equivalent to this. The ultrastructure of the various cell components is dealt with in more detail than in other texts; emphasis has been laid on variations in structure between species and cells, and especially on changes in structure during cell function. The ultrastructure of the cell in division, which is generally either briefly treated or not dealt with in other texts, is here given in detail. This is an extremely informative and well-illustrated book and will prove valuable to senior undergraduates, especially those doing coarses in cytology or cell biology, and post-graduate students and newcomers to the field of ultra-structural cytology.

7

***. - **Comprehensive Biochemistry.** Edited by M. Florkin and E. H. Stotz. **Volume 26. Part A: Extracellular and Supporting Structures.** A vol. in-8, of xvi-296 pages, with many figures and tables. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1968. Price, bound, Dfl. 47,50.

With present mainstream efforts in biochemistry devoted to structure and function of intracellular organelles, particularly in mammalian cells, it is important to a comprehensive understanding of biochemistry to note the advances made in the area of extracellular and supporting structures. In this volume, chapters are devoted to plant and bacterial cell walls, the nature of the antigenic components of bacterial capsules, and the biochemistry of formation of calcified shells.

Contents. - *I: Biochemistry of the Plant Cell Wall*, by S. M. Siegel. - *II: Bacterial Cell Walls*, by J.-M. Ghuysen, J. L. Strominger and D. J. Tipper. - *III: Somatic and Capsular Antigens of Gram-negative Bacteria*, by O. Lüderitz, K. Jann and R. Wheat. - *IV: Calcified Shells*, by K. M. Wilbur and K. Simkiss.

***. - **The Neuron.** Edited by H. Hydén. A vol. in-8, of viii-394 pages, with 198 illustrations including 169 electron microscopic plates, X tables. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1967. Price, bound, Dfl. 55.

It seems that molecular aspects of biological processes have contributed preeminently to the formulation of new concepts of primary cellular events. New ideas in important fields create a crisis-like uncertainty among scientists until these concepts have been assimilated and can serve productive creation by those who have the capacity to reorganize older, and usually more firmly rooted, beliefs. A clearer picture of the neuron-glia relationship will supersede older views in terms of the dynamic and genetic aspects of the brain. Neurocytology has reached another stage of forceful activity stimulated by advances within physics, chemistry and general biology. For a period to come — to quote the views of Kühn — the new concepts can be expected to provoke problem seeking in the neurosciences before their magic diminishes, and the position becomes static until the next crisis brings about a new cycle of progressive events. The series of textbooks on neurology is greatly enriched by the addition of this volume.

Contents. - *I: The History of the Neuron*, by H. van der Loos. - *II: Cortical Grey Matter. A Correlation of Light and Electron Microscopic Data*, by Th. W. Blackstad. - *III: Dynamic Activities of Nervous Tissue* in vitro, by C. M. Pomerat, W. J. Hendelman, Ch. W. Raiborn, Jr. and J. F. Massey. - *IV: Dynamic Aspects on the Neuron-Glia Relationship. A Study with Micro-Chemical Methods*, by H. Hydén. - *V: Observations on the Ultrastructure of the Ganglionic Neurons and Synapses of the Frog*, Rana esculenta *L*, by J. Taxi. - *VI: Enzyme Localization and Ultrastructure of Neurons*, by A. B. Novikoff. - *VII: Lysosomes in Nerve Cells*, by A. B. Novikoff.

(Suite 7)

LOEWY, A. G. e SIEKEVITZ, Ph. - **Struttura e funzioni della cellula.** Traduzione dall'inglese di C. e D. MONTERISI. Un vol. in-16 (della collezione *Biologia Moderna*, N. 4), di 272 pagine, con numerose figure e tabelle. Zanichelli, Bologna, 1967. Prezzo, non rilegato, L. 1.900.

Questo volumetto è, per la sua attualità, da considerarsi un « Biologia della cellula » tascabile. Infatti, nella sua pur ridotta mole, è concepito con criteri di estrema funzionalità. Rappresenta la chiave di volta della collana di cui fa parte, essendo, come è noto, la citologia la materia fondamentale di un corso di biologia generale e del testo di base possiede le qualità, anche didattiche. Il frequente ricorso alle opere originali dei ricercatori, accompagnate da relazioni sulle tecniche operative proprie di ogni ricerca, non appesantisce il ritmo espositivo. La biologia è scienza essenzialmente sperimentale e la sua comprensione è possibile attraverso la pratica di laboratorio; questo, pur essendo un testo teorico, avvicina al lettore il mondo vivo della ricerca applicata.

SOMMARIO. - I. Biologia cellulare. *I: Il comune denominatore della materia vivente. - II: La vita e il secondo principio della termodinamica. - III: La storia naturale della cellula.* - II. Statica biologica. *IV: La vita e il sistema periodico degli elementi. - V: L'acqua e la vita. - VI: Le piccole molecole della macchina vivente. - VII: Gli acidi nucleici, portatori di informazione biologica. - VIII: Le proteine, agenti di specificità biologica.* - III. Dinamica biologica. *IX: La catalisi enzimatica, un meccanismo di regolazione biologica. - X: Le vie metaboliche. - XI: I mitocondri e la fissazione dell'energia. - XII: Il nucleo: deposito e trasmissione dell'informazione. - XIII: I ribosomi e l'utilizzazione dell'informazione. - XIV: La sostanza fondamentale e la trasformazione dell'energia chimica in lavoro. - XV: Il sistema delle membrane e lo scambio di materiali. - XVI: Sviluppo e controllo della struttura e della funzione cellulare.*

8

BÜNNING, E. - **The Physiological Clock.** Revised Second Edition. A vol. in-8 (*The Heidelberg Science Library*, Volume I), of VIII-168 pages, with 126 figures and IX tables. Longmans, Green & Co. Ltd., London, 1967. Price, unbound, sh. 24.

This monograph is limited to considerations of the biological measurement of time in which unicellular organisms, as well as cells of higher plants, animals, and man utilize periods of approximately 24 hours. The author's intention is to discuss the present state of our knowledge of the physiological nature of this clock and the manifold means by which the organism uses this clock.

CONTENTS. - *I: Introduction. - II: Endodiurnal Oscillations as the Principle of Many Physiological Time Measuring Processes. - III: Periodicity Fade-Out; Initiation by External Factors. - IV: Autonomy of Cells and Organs; Controlling Systems. - V: Temperature Effects. - VI: Light Effects. - VII: Attempts Towards a Kinetic Analysis: Models. - VIII: Attempts Towards a Biochemical and Biophysical Analysis. - IX: Use of the Clock for Adjustment to Diurnal Cycles in the Environment. - X: Use of the Clock in Direction Finding. - XI: Use of the Clock for Adjustment to Tidal and Lunar Cycles. - XII: Control of Diurnal Fluctuations in Responsiveness to External Factors. - XIII: Use of the Clock for Day-Length Measurement. - XIV: Pathological Phenomena.*

DHEM, A. - **Le remaniement de l'os adulte.** Préface par P. LACROIX. Un vol. in-8, de 118 pages, avec 62 figures. Editions Arscia S.A., Bruxelles, 1967. Prix, broché, F.B. 250.

SOMMAIRE. - *I: Matériel et techniques. - II: Le dépôt des ostéones. - III: Le forage des canaux de Havers. - IV: La distribution du remaniement dans la diaphyse du radius. - V: Le remaniement de l'os spongieux. Etude histologique. - VI: La distribution du remaniement dans l'extrémité inférieure du radius. - VII: Le remaniement dans l'ensemble*

(Suite 8)

du radius. Essai d'appréciation quantitative. - VIII: Perspectives actuelles des recherches sur le remaniement des os.

LEE, D. L. - **The Physiology of Nematodes.** A vol. in-8 (Vol. 3 of the Series *University Reviews in Biology*), of x-154 pages, with 46 figures. Oliver & Boyd, Edinburgh, 1965. Price, unbound, sh. 12.6.

CONTENTS. - I. Introduction. *I: The Organization of the Nematode Body. - II: Distribution.* - II. Feeding and Digestion. *I: The Alimentary Canal. - II: Feeding. - III: Digestive Enzymes. - IV: Absorption. - V: The pH of the Intestine.* - III. Metabolism and Oxygen Transport. *I: Distribution of Carbohydrates. - II: Carbohydrate Metabolism. - III: Distribution of Fats. - IV: Fat Metabolism. - V: Distribution of Proteins. - VI: Protein Metabolism. - VII: Uptake of Oxygen. - VIII: Oxygen in the Environment.* - IV. Osmoregulation and Excretion. *I: Permeability of the Cuticle. - II: Regulation of Body Fluids.* - V. Hatching and Moulting. *I: The Nematode Egg. - II: Hatching .- III: Moulting. - IV: Growth. - V: Adaptations of the Life Cycle.* - VI. The Nervous System and Sense Organs. *I: The Nervous System. - II: Sense Organs.* - VII. Locomotion and Behaviour. *I: The Hydrostatic Skeleton. - II: Locomotion. - III: General Behaviour.*

LICHTFUS, C. - **La colpocytologie hormonale.** Au terme de la grossesse. Préface par J.-P. PUNDEL. Un vol. in-8 (de la *Collection « Médico-Monographies d'agrégés*), de 156 pages, avec figures et tableaux. Editions Arscia S.A., Bruxelles, 1967. Prix, broché, F.B. 300.

SOMMAIRE. - *I: Introduction. - II: Technique du frottis. - III: Cytologie de la grossesse normale. - IV: Action des oestrogènes sur l'épithélium vaginal durant la grossesse. - V: Frottis ininterprétables. - VI: Le placenta. - VII: La dysmaturité foetale. - VIII: Contrôle cytologique du déclenchement artificiel du travail. - IX: Conclusions générales.*

TERRACOL, J. et AIMES, A. - **Le système des anastomoses artério-veineuses.** Les shunts. Un vol. in-8, de 308 pages, avec 82 figures. Librairie Maloine S.A., Paris, 1967. Prix, broché, 48 F.

Cette monographie, avec de nombreuses illustrations et l'exposé des travaux français et étrangers, est une mise au point des anastomoses normales artério-veineuses (shunts) répandues dans tout l'organisme sous une forme simple ou une forme compliquée (glomus).

SOMMAIRE. - *I: Les grandes localisations glomiques. - II: Les anastomoses artério-veineuses des organes. - III: Les anastomoses artério-veineuses des membres.*

9

BARRAUD, H. J. - **Science et Philosophie.** Essai. Un vol. in-8, de 398 pages. Editions Nauwelaerts, Louvain, 1968. Prix, broché, F.B. 490.

De nombreux auteurs, parmi les plus hautement qualifiés, se sont attachés à résoudre les problèmes que l'évolution de la pensée et de l'expérience en général posent aux hommes de science comme aux philosophes, et à proposer des solutions de synthèse. On ne reprende pas ici une étude du même genre. On s'efforce seulement d'établir en quelque sorte un inventaire des positions respectives des uns et des autres sur un certain nombre de questions qui les opposent fréquemment, et on tire des conclusions logiques, la plupart négatives, quelques unes positives, certaines enfini, constructives. En conséquence, cet Essai devrait pouvoir se justifier en tant que travail d'information concernant essentiellement les difficultés auxquelles se heurte tout effort de synthèse cognitive. Aujourd'hui, ces difficultés sont d'autant plus grandes que, par leur démarche

(Suite 9)

propre plus que par leur intentionalité, la science et la philosophie s'éloignent l'une de l'autre plus qu'elles ne se rapprochent, et qu'en outre, le développement rapide des connaissances scientifiques ouvre à la raison des perspectives nouvelles qui ne sont pas toutes ascendantes, et qui ajoutent parfois à l'incertitude, sinon à l'angoisse de l'observateur.

SOMMAIRE. - I. Définitions et explications. *I: Le problème sémantique. - II: Philosophie. - III: Science. - IV: Le langage. - V: Le concept.* - II. Données épistémologiques. *I: Physique mathématique. - II: Biologie. - III: Esthétique.* - III. Trois concepts exemplaires. *I: La lumière. - II: L'espace et le temps. - III: La conscience.* - IV. Une hypothèse de travail. *I: Caractères généraux. - II: Les concepts. - III: Trois propositions. - IV: Données prospectives.*

STEINER, R. - **Goethe et sa conception du monde.** Traduit de l'allemand par A. TANNER. Un vol. in-8, de XVIII-204 pages. Editions Fischbacher, Paris, 1967. Prix, broché, 18 F.

La première partie du livre est une confrontation entre les idées Goethéennes sur la nature et l'univers, et celles des philosophes, naturalistes et théologiens de son époque. L'auteur démontre qu'un pur platonisme est à l'origine de cette conception que Goethe se faisait du monde. Pour Platon, les IDEES supportent le monde et GOETHE, dans sa « *Conception du Monde* » établit une corrélation entre l'IDEE, qui est le *Principe créateur* et le REEL, qui est *objet sensible.* La seconde partie du livre expose les idées de Goethe sur la Théorie de la Métamorphose, du développement des êtres, des phénomènes de la Terre: l'atmosphère, les couleurs, etc... Son opposition aux théories de Newton est caractéristique de deux modes de pensée différents. Newton ne s'attache qu'aux FAITS et Goethe à l'IDEE dans les faits. Dans la dernière partie du livre, RUDOLF STEINER explique pourquoi Goethe ne peut aller jusq'au bout de l'éthique impliquée par sa « *Conception du Monde* » et ce que pourrait accomplir la science en s'inspirant de ses méthodes. Poursuivant la pensée de Goethe, l'auteur nous dit: « La Réalité accessible à la seule perception n'est qu'une moitié de la réalité, le contenu de l'Esprit humain en est l'autre. La Science Goothéenne présage un type de connaissance que nous avons aujourd'hui partiellement, mais que nous ne tenons pas en main dans son entier. Ce que nous avons, et ce dont Goethe est un *précurseur* indiscutable, c'est la méthode phénoménologique, et ce que nous attendons encore, c'est la transformation de la méthode phénoménologique en méthode universelle de recherche, en méthode transmissible et strictement contrôlable.

12

DAHRENDORF, R. - **Società e sociologia in America.** Traduzione dal tedesco di G. SCATTONE. Un vol. in-8 (della collezione *Libri del tempo Laterza*, N. 97), di 238 pagine. Casa Editrice Laterza, Bari, 1967. Prezzo, non rilegato, L. 1.200.

SOMMARIO. - I. Americani e sociologi. *I: Indirizzi e problemi della presente esposizione.* - II. Rationality: lo spirito dell'illuminismo. *II: Il mondo fattibile e i suoi confini.* - III. Equality: la democrazia in America. *III: Diritti civili per tutti (con qualche eccezione).* - *IV: Le classi in America. La stratificazione sociale.* - *V: Le classi in America. L'élite del potere.* - IV. Mobility: perchè non c'è il socialismo negli Stati Uniti? *VI: La società in movimento: migrazione e fluttuazione.* - *VII: I cacciatori di prestigio: la mobilità verticale.* - V. Community: la folla solitaria. *VIII: La società come aggregato di comunità locali.* - *IX: L'uomo etero-diretto.* - VI. La costituzione liberale. *X: Democrazia e struttura sociale in America.* - VII. Scienza e società. *XI: Le vie della sociologia americana.* - VIII. La sociologia come specchio della società. *XII: Dal social-darwinismo al funzionalismo.* - *XIII: « Teoria » ed « Empiria ».* - *XIV: Il sistema sociale. Talcott Parsons e il suo influsso.* - *XV: La tendenza al professionalismo sociologico.* - IX. La sociologia

(Suite 12)

come protesta contro la società. *XVI: La sociologia critica in America.* - *XVII: L'immaginazione sociologica: C. Wright Mills.* - X. Sociologia e pratica. *XVIII: Mutamento sociale pianificato.* - XI. Europa e America. *XIX: L'Europa in America.* - *XX: L'America in Europa.*

LINNIK, Yu. V. - **Leçons sur les problèmes de statistique analytique.** Un vol. in-8 (des *Monographies Internationales de Mathématiques Modernes*, N. 10), de VIII-118 pages. Gauthier-Villars, Paris, 1967. Prix, broché, 24 F.

Le présent ouvrage constitue un exposé élargi des leçons professées à l'Institut de Statistique de l'Université de Paris, à la fin de l'année 1966. Le but de ces leçons était de mettre en évidence les applications utiles de la théorie des fonctions d'une et plusieurs variables complexes à la théorie des tests et estimations statistiques, applications mises au point récemment par plusieurs savants.

SOMMAIRE. - *I: Familles exponentielles. Statistiques exhaustives et partiellement suffisantes.* - *II: Applications des statistiques exhaustives. Statistiques indépendantes.* - *III: Sur le « décrochement » des statistiques indépendantes.* - *IV: Problèmes avec paramètres importuns. Fonctions vérifiables. Tests similaires.* - *V: Cotests: idéaux des cotests. Le théorème de V. Palamodov.* - *VI: Le théorème de V. Palamodov.* - *VII: Application du théorème de V. Palamodov au problème de Behrens-Fisher.* - *VIII: Propriétés des tests homogènes similaires pour le problème de Behrens-Fisher.* - *IX: Sur le test de Fisher-Welch-Wald.* - *X: Construction d'un test homogène similaire et non randomisé pour le problème de Behrens-Fisher.* - *XI: Fonctions vérifiables.* - *XII: Polynômes vérifiables. Fonctions vérifiables séquentiellement.* - *XIII: Sur l'estimation non biaisée pour des familles exponentielles incomplètes à liaisons polynomiales.* - *XIV: Quelques propriétés des estimations du paramètre de déplacement.* - *XV: Détection minimax d'un signal discret obstrué par un bruit de fond normal.*

SNEDECOR, G. W. and COCHRAN, W. G. - **Statistical Methods.** Sixth Edition. A vol. in-8, of XIV-594 pages, with figures and many tables. The Iowa State University Press, Ames (Iowa), 1967. Sans indication de prix.

CONTENTS. - *I: Sampling of Attributes.* - *II: Sampling from a Normally Distributed Population.* - *III: Experimental Sampling from a Normal Population.* - *IV: The Comparison of Two Samples.* - *V: Shortcut and Non-parametric Methods.* - *VI: Regression.* - *VII: Correlation.* - *VIII: Sampling from the Binomial Distribution.* - *IX: Attribute Data with more than One Degree of Freedom.* - *X: One-Way Classifications. Analysis of Variance.* - *XI: Two-Way Classifications.* - *XII: Factorial Experiments.* - *XIII: Multiple Regression.* - *XIV: Analysis of Covariance.* - *XV: Curvilinear Regression.* - *XVI: Two-Way Classifications with Unequal Numbers and Proportions.* - *XVII: Design and Analysis of Sampling.*

13

MURACCHINI, L. - **Introduzione alla teoria dei grafi.** Un vol. in-8 (della *Serie di Ricerca Operativa*, N. 7), di 126 pagine, con figure. Editore Boringhieri, Torino, 1967. Prezzo, non rilegato, L. 2.200.

In una serie di volumetti dedicati ad argomenti di ricerca operativa (quale è la presente serie curata dal Gruppo torinese di Ricerca operativa) non poteva mancarne uno che trattasse della teoria dei grafi. Invero non mancano più, come fino a pochi anni fa, volumi nei quali si espone la teoria dei grafi a vari livelli di completezza e rigore matematico, seppure non ve ne sia ancora una grande abbondanza. Di tali esposizioni non ve ne sono tuttavia in italiano e di livello adeguato a quello della presente collana. Con

(Suite 13)

questo volumetto l'Autore ha cercato di colmare le predetta lacuna: esso ha carattere eminentemente introduttivo, come è indicato anche dal titolo. Non presuppone che scarse cognizioni matematiche (alcune di queste vengono esposte nel primo capitolo) e non pretende di essere in alcun modo, nè in alcun punto, esauriente. La sua funzione è soprattutto quella di stimolare allo studio della teoria dei grafi persone di svariati interessi: da coloro che si occupano soltanto di ricerca operativa con fini applicativi, a coloro che si dedicano a studi di matematica in genere (economisti, ingegneri, fisici, insegnanti di matematica, ecc.).

SOMMARIO. - *I: Nozioni matematiche introduttive. - II: Generalità sui grafi. - III: Grafi finiti, vettori e matrici. - IV: Problemi classici della teoria dei grafi. - V: Problemi più recenti nella teoria dei grafi. - VI: Applicazioni operative della teoria dei grafi.*

14

***. - **Moderni orientamenti della scienza e della tecnica.** Prefazione a cura del Prof. Vincenzo Caglioti, presidente del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Un vol. in-4, di 1152 pagine, con numerosissime figure in nero e a colori. Etas-Kompass, Milano, 1966. Prezzo, rilegato, L. 25.000.

SOMMARIO. - I. Matematica applicata. *I: Ricerca delle combinazioni ottime. - II: Analisi dei sistemi non-lineari.* - II. Calcolatori e cibernetica. *III: Calcolatori ultraveloci. - IV: Calcolatori a fluido. - V: Elaborazione di informazioni ottiche. - VI: Macchine che imparano. - VII: Progettazione automatica.* - III. Elettrotecnica ed elettronica. *VIII: Magneti superconduttori. - IX: Circuiti integrati. - X: Amplificazione parametrica.* - IV. Fisica dei campi. *XI: Esperimenti sulla gravità. - XII: Dinamica dello spazio tempo.* - V. Fisica delle radiazioni. *XIII: Infrarosso. - XIV: Luce coerente. - XV: Laser a semiconduttore. - XVI: Laser ad alta energia.* - VI. Fisica atomica. *XVII: Simmetrie delle particelle elementari. - XVIII: Struttura nucleare orbitale. - XIX: Neutroni e fononi. - XX: L'energia nucleare oggi.* - VII. Fisica dello stato solido. *XXI: Deformazione plastica. - XXII: Superfici solide. - XXIII: Proprietà e comportamento dei solidi sotto pressione. - XXIV: Onde d'urto nei solidi. - XXV: Gas-nei-solidi.* - VIII. Chimica fisica. *XXVI: Il legame chimico. - XXVII: Termodinamica di non equilibrio. - XXVIII: Lo stato liquido. - XXIX: Corrosione.* - IX. Materiali. *XXX: Vetri moderni. - XXXI: Adesivi. - XXXII: Amido. - XXXIII: Materiali organici per l'elettronica. - XXXIV: Materie plastiche su misura. - XXXV: Chimica del silicio. - XXXVI: Chimica del fluoro. - XXXVII: Sali fusi.* - X. Tecnologie. *XXXVIII: Classificazione granulometrica delle particelle solide. - XXXIX: Metodi non tradizionali di lavorazione dei metalli. - XL: Lavorazione dei metalli per deformazione plastica mediante azione istantanea di energia ad alto livello. - XLI: Tecnologia delle polveri. - XLII: Metallurgia in fase vapore. - XLIII: Ultrasuoni nell'industria. - XLIV: Trattamenti per radiazione. - XLV: Fiamme al plasma.* - XI. Misure e analisi. *XLVI: Misura della temperatura. - XLVII: Strumenti per la chimica analitica. - XLVIII: Analisi per assorbimento atomico. - XLIX: Applicazioni dell'effetto Mössbauer. - L: La microsonda elettronica. - LI: Fotografia ultrarapida.* - XII. Controllo della produzione. *LII: Tecniche reticolari e metodo del cammino critico. - LIII: Controllo di qualità. - LIV: Previsione della sicurezza di funzionamento di un sistema. - LV: Nuove tecniche di controllo dei processi industriali.* - XIII. Trasporti. *LVI: Ingegneria del traffico. - LVII: Controllo del traffico aereo. - LVIII: Navi di elevata velocità. - LIX: La nuova navigazione. - LX: Trasporto di solidi in condotta.* - XIV. Comunicazioni. *LXI: Estrazione dei segnali dal rumore. - LXII: Comunicazioni mediante satelliti. - LXIII: Ricerche radio sull'esistenza di esseri viventi nello spazio. - LXIV: Acustica subacquea.* - XV. Costruzioni. *LXV: La moderna progettazione in cemento armato. - LXVI: Analisi statistica delle vibrazioni.* - XVI. Aeronautica, missilistica e astronautica. *LXVII: Sperimentazione del volo ipersonico. - LXVIII: Razzi a ioni. - LXIX: Booster a propellente solido. - LXX: Ablazione.* - XVII. Astronomia. *LXXI: La luna. - LXXII: Marte. - LXXIII: Venere. - LXXIV: Il neutrino dell'astronomia.* - XVIII. Geologia e geofisica. *LXXV: La crosta terrestre. - LXXVI: Origine del petrolio. - LXXVII: Risorse dal mare. - LXXVIII: Le previsioni meteorologiche. - LXXIX: I cambiamenti meteorologici provocati. - LXXX:*

(Suite 14)

Elettricità nello spazio attorno alla Terra. - LXXXI: Fasce artificiali di radiazioni. - XIX. Biologia. *LXXXII: I microbi e le loro applicazioni industriali. - LXXXIII: Biologia delle basse temperature.* - XX. Medicina. *LXXXIV: Tecnica e medicina. - LXXXV: Ingegneria applicata alla chirurgia.*

O'DEA, T. F. - **Sociologia della religione.** Traduzione dall'inglese di N. Greppi. Un vol. in-8 (della collezione *Fondamenti di sociologia*), di 194 pagine. Società Editrice Il Mulino, Bologna, 1968. Prezzo, non rilegato, L. 1.800.

Sommario. - I. Religione e società: l'impostazione funzionalista. *I: Il funzionalismo. - II: Le funzioni della religione e della magia. - III: La religione e la causalità sociale. - IV: Il significato della teoria funzionalista.* - II. L'esperienza religiosa. *I: Il sacro, lo straordinario e il fenomeno del crisma. - II: Il sacro e l'escatologia. - III: Escatologia, significato e rapporto. - IV: Il problema della proiezione. - V: Il punto di vista religioso.* - III. L'istituzionalizzazione della religione. *I: Il culto. - II: La comparsa dei modelli di fede (il mito). - III: La razionalizzazione dei modelli di fede. - IV: Lo sviluppo dell'organizzazione religiosa. - V: Religione e società.* - IV. Religione e società. *I: La religione e la stratificazione sociale. - II: La conversione. - III: La religione come ideologia di transizione. - IV: La conversione e il prestigio culturale. - V: La chiesa e il mondo.* - V. Religione e conflitto. *I: Stratificazione religiosa e stratificazione secolare. - II: La secolarizzazione della cultura. - III: Religione e secolarizzazione: ambiguità e conflitto. - IV: Cinque dilemmi nell'istituzionalizzazione della religione.* - VI. Ambiguità e dilemma. *I: Religione e magia: contraddizioni funzionali. - II: La religione come elemento centrale nella cultura. - III: Religione e società: un dilemma fondamentale.*

OPPENHEIMER, J. M. - **Essays in the History of Embryology and Biology.** A vol. in-8, of x-374 pages. The M.I.T. Press, London, 1967. Price, bound, sh. 100.

Written by an investigator and teacher of experimental embryology, this book is designed to emphasize the coherence between history of science and experimental science and to bring the experience of past discoveries into the modern laboratory. Professor Oppenheimer has not intended to construct a detailed and continuous history but instead has selected for specific discussion problems intellectually teasing and historically remarkable. In what way do contemporary developmental biologists draw upon the contributions of their forebears? How does a laboratory scientist learn to pose the right questions? What influence did knowledge of embryology exert upon the genesis of Darwin's formulation of the theory of evolution? How did Sir Thomas Browne's approach to the experimental method fail, while John Hunter developed it successfully later? Why was it William Harvey, and not one of his many able predecessors or contemporaries, who calculated the flow of blood through the heart? These and many other questions are the material from which this book is drawn. Professor Oppenheimer's approach adds a rare dimension to literature in the history of science: the experience of a practicing research scientist who views a knowledge of her predecessors' achievements as an indispensable aid in her own research work. The learning, dedication, and masterful literary style that Professor Oppenheimer brings to this book make it a volume of special value to the experimental scientist, to the historian of biology and medicine, and to the interested layman alike.

Contents. - *I: Embryological Concepts in the Twentieth Century. - II: Questions Posed by Classical Descriptive and Experimental Embryology. - III: Ross Harrison's Contributions to Experimental Embryology. - IV: Analysis of Development: Problems, Concepts and Their History. - V: Analysis of Development: Methods and Techniques. - VI: Embryology and Evolution: Nineteenth Century Hopes and Twentieth Century Realities. - VII: An Embryological Enigma in the Origin of Species. - VIII: The Non-Specificity of the Germ-Layers. - IX: K.E. von Baer's Beginning Insights into Causal-Analytical Relationships During Development. - X: John and William Hunter and Some Eighteenth Century Scientific Moods. - XI: John Hunter, Sir Thomas Browne and the Experimental Method. - XII: William Harvey and Historical Change. - XIII: William Gilbert: Plant Grafting and the Grand Analogy.*

15

***. - **Chiese di Genova.** Fotografie di L. Von Matt. Testo di C. Ceschi. Un vol. in-4, di 268 pagine, con 19 illustrazioni a colori e 149 illustrazioni in bianco e nero. Stringa Editore, Genova, 1967. Prezzo, rilegato, L. 18.000.

La storia di un popolo e di una città dalle molte secolari vicende è sempre leggibile attraverso le testimonianze murate delle sue vie, dei suoi rioni, delle sue case, delle sue torri, dei suoi palazzi e delle sue chiese. Testimonianze che precisano avvenimenti talvolta incisi nei marmi con nomi e date, ma più spesso manifestazioni anonime di singoli e di comunità che ancor meglio ne rivelano l'animo, il carattere e lo spirito. Genova è tra queste città che pur dopo un secolo e mezzo di malaccorti interventi e pur avendo perduto interi quartieri e chiese gloriose come S. Tommaso, S. Sabina, S. Andrea, S. Domenico, S. Francesco di Castelletto e altre nell'ultima guerra come S. Bartolomeo del Fossato, Santa Maria di Passione, S. Maria dei Servi, SS. Giacomo e Filippo, ha conservato il suo cuore antico e il fascino della sua storia. Isolate sulle cime delle colline dominanti il mare e la città, oppure naturalmente integrate al tessuto delle strade, dei vicoli, delle piazze e delle case, le chiese di Genova rappresentano, in un paesaggio urbano tanto singolare, qualcosa di inconfondibile e di inimitabile. Per questo, il libro sulle chiese di Genova è come un palpitante invito a meditare sull'eterna vitalità di quei valori umani che un popolo ha lasciato in retaggio agli uomini di oggi e a quelli di domani. In quest'opera il testo di Carlo Ceschi, profondissimo studioso ed esperto della storia cittadina e già Sovrintendente ai Monumenti di Genova, anticipa concettualmente ciò che, nella perfetta e sapiente esecuzione, rivelano le mirabili riproduzioni del fotografo svizzero Leonard Von Matt. Fotografie e testo formano un armonioso insieme che rivela l'intimo rapporto della città con le sue chiese eloquenti testimoni di mille anni di storia di un popolo attivo e profondamente religioso.

***. - **Creta antica.** Fotografie di L. Von Matt. Testo di S. Alexiou, N. Platon e H. Guanella. Un vol. in-4, di 238 pagine, con 33 illustrazioni a colori e 141 illustrazioni in bianco e nero. Stringa Editore, Genova, 1967. Prezzo, rilegato, L. 14.000.

In questo libro le cose morte rivivono in un suggestivo paesaggio che accende la fantasia e a tutto dona un profondo significato. L'ampia e in parte inedita documentazione, che completa le ricerche di Evans, offre agli studiosi la possibilità di arricchire e di precisare gli studi compiuti. Chi, poi, di archeologia si occupa soltanto per diletto si sentirà attratto fin da principio vedendo chiaramente nell'antico popolo cretese un'indole ispirata dal sentimento della natura e profondamente pacifica. E proprio tale indole ha favorito il fiorire di un felice periodo che, nel culto dell'arte e della religione, ha segnato con lo splendore della sua civiltà l'inizio della cultura europea. Se poi si aggiunge che, verso il 2000 a. C., la rotta attraverso il Mediterraneo nel senso dei paralleli fu scoperta dai Cretesi, si ha un'ulteriore conferma dell'impulso che essi diedero al processo della navigazione. La compilazione e la disposizione dei capitoli seguono criteri rigorosamente storici e geografici. Dell'epoca d'oro, che va dal 1700 al 1400 a. C., vengono presentati con ricca serie di fotografie, eseguite con impareggiabile maestria da Leonard Von Matt, i Nuovi Palazzi di Cnossòs, di Festòs e di Mallià; le ville e le signorili sedi di Hagìa Triàda, di Vatypetro, di Tylissos. Particolare risalto hanno i centri di vita minoica: la necropoli dell'Archànes sul Fourni scoperta appena nel 1965, il sepolcro di Kamilari presso Festòs, l'isola di Psyra, le città minoiche di Gournià e di Palaikastro nella parte orientale dell'isola. Il principale capitolo dedicato al Palazzo di Kàto Zàkros è stato scritto proprio dallo scavatore Prof. Dr. Nikolaos Platon. Molte pagine illustrate e otto tavole a colori presentano i magnifici vasi di pietra, la gioielleria dorata e la ceramica di questo quarto palazzo minoico scavato di recente. La successiva dominazione dorica, che pose fine alla cultura minoica, è documentata con raffigurazioni dell'epoca; esse, nella loro severità, mostrano il grande contrasto con la gioiosa arte dei Minoici. Stylianos Alexiou riferisce brevemente, ma con assoluta precisione, sullo sviluppo dell'arte figurativa nella Creta Minoica. Hanni Guanella indica con efficacia, quasi accompagnando il lettore in una meravigliosa avventura, i molteplici aspetti naturali di Creta.

Le format de tous les livres annoncés ci-dessous est indiqué d'une façon uniforme, d'après le système adopté par la Bibliothèque Centrale Nationale de Florence et beaucoup d'autres Bibliothèques. Sont indiqués *in-folio* les volumes de plus de 38 centimètres de hauteur; *in-4* les volumes de 28 à 38 centimètres; *in-8* ceux de 20 à 28 centimètres; *in-16* ceux de 15 à 20 centimètres; *in-24* ceux de 10 à 15 centimètres; *in-32* les volumes qui ne dépassent pas les 10 centimètres de hauteur.

Libri ricevuti - Ouvrages reçus - Books received
Eingelaufene Werke - Libros recibidos

Les ouvrages qu'on nous adresse sont d'abord mentionnés ici, en dehors des comptes rendus dont ils peuvent être l'objet dans la suite.

Les ouvrages se succèdent dans l'ordre de la numération des groupes de matières énumérées ci-dessous:

1

Mathématiques
Calcul infinitésimal
Algèbre
Géométrie
Mécanique rationnelle et supérieure
Mécanique appliquée
Mathématiques appliquées et calcul numérique
Science des constructions
Calcul des probabilités

2

Astronomie
Astrophysique
Sciences spatiales
Cosmologie
Physique du plasma

3

Physique
Thermodynamique
Hydraulique
Optique
Acoustique
Electrologie
Electronique
Physique nucléaire et subnucléaire
Relativité
Théorie des quanta
Structure de la matière

4

Chimie générale
Chimie minérale
Chimie organique
Chimie structurale
Electrochimie
Chimie physique

5

Minéralogie
Géologie
Cristallographie
Géomorphologie
Géographie
Géodesie
Géophysique
Océanographie
Glacéologie
Vulcanologie
Séismologie
Météorologie
Climatologie
Ecologie
Paléontologie

6

Botanique
Zoologie
Entomologie
Microbiologie
Anthropologie
Embryologie
Anatomie humaine
Anatomie comparée
Histologie
Histochimie
Histophysique

7

Génétique
Théorie de l'évolution
Biologie
Biochimie
Biophysique
Biogéographie
Bionique

8

Physiologie
Electrophysiologie
Neurophysiologie

Pathologie humaine
Pathologie végétale
Pathologie animale

9

Philosophie
Logique
Philosophie de la science

10

Psychologie animale
Psychologie humaine
Psychopathologie
Psychanalyse

11

Ethnologie
Civilisations primitives
Linguistique

12

Sociologie
Droit
Economie
Statistique

13

Cybernétique
Biométrie
Théorie de l'information

14

Histoire de la philosophie
Histoire des sciences
Histoire des mathématiques
Histoire des religions
Histoire des civilisations

15

Epistémologie
Culture encyclopédique

1

BASS, J. - **Elements of Probability Theory.** Translated by W. McKay. Translation Editor A. Jeffrey. A vol. in-8, of XIV-250 pages, with 69 figures and VI tables. Academic Press, New York, 1966. Price, bound, Doll. U.S.A. 9,75.

This volume is the final version of successive editions of notes for a course in probability theory taught at the Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique over the last twelve years. It is intended primarily for students, some of whom will later make practical use of their knowledge. Students of applied mathematics and physics frequently become engineers, however, and engineers frequently use applied mathematics and physics. Probability theory is therefore required mainly by engineering students in technical colleges and universities and also by science students. The topics presented in this book, although not based on university syllabuses, cover those aspects of probability calculus generally required for a degree in applied mathematics or physics and also for a course in methods of mathematical physics.

Contents. - *I: Probabilities, Statistics, and Random Phenomena. - II: Probability Laws. Random Variables. - III: Pairs of Random Variables. - IV: Mean Values and Moments. - V: Mean Values and Moments for Several Random Variables. - VI: Examples of Probability Laws. - VII: Law of Large Numbers. Central Limit Theorem. - VIII: Some Aspects of Random Functions. - IX: Stationary Random Functions. - X: Elements of Statistics. - XI: Some Statistical Problems.*

LEFORT, G. - **Mathématiques pour les sciences biologiques et agronomiques.** Un vol. in-8 (de la *Collection U*, Série « Mathématiques »), de 680 pages. Librairie Armand Colin, Paris, 1967. Sans indication de prix.

Sommaire. - I. Description des phénomènes expérimentaux. Notions mathématiques de base. *I: Ensembles. Règles logiques. - II: Échantillons. Formules de dénombrement. - III: Structures simples. - IV: Algèbre linéaire. Calcul matriciel. - V: Barycentres. Produits scalaire, vectoriel et mixte.* - II. Calcul différentiel. Fonctions usuelles. *VI: Continuité. Limites. Dérivées. - VII: Etude des fonctions numériques. Discussion des équations. Fonctions rationnelles élémentaires. - VIII: Fonctions logarithmes, exponentielles et puissances. - IX: Exponentielle complexe. Fonctions trigonométriques et fonctions réciproques. - X: Approximation d'une fonction par un polynôme. Formules de Taylor. - XI: Construction des graphes et des courbes planes. - XII: Dérivées partielles et différentielles des fonctions de plusieurs variables réelles. Calcul de incertitudes.* - III. Intégrales. Equations différentielles. Séries. *XIII: Intégrale d'une fonction d'une variable réelle. - XIV: Calcul des intégrales et primitives. - XV: Applications des intégrales à la géométrie et à la mécanique. - XVI: Equations différentielles. - XVII: Suites et séries.* - IV. Calcul des probabilités et statistique. *XVIII: Description des phénomènes aléatoires. - XIX: Définition et propriétés générales des lois de probabilité. - XX: Variables aléatoires discrètes. Lois binomiale, hypergéométrique, multinomiale et de Poisson. - XXI: Fonction de répartition d'une variable aléatoire réelle. Lois de probabilité définies par une densité. - XXII: Valeurs caractéristiques. Lois des grands nombres. Théorème central limite. - XXIII: Initiation au raisonnement statistique. Exemples d'estimation et de tests d'hypothèse. - XXIV: Espérances et variances. Relations entre une variable aléatoire et un paramètre certain. - XXV: Tests d'hypothèses: valeurs des probabilités et des pourcentages. Lois des variables aléatoires.*

NECAS, J. - **Les méthodes directes en théorie des équations elliptiques.** Traduction française révisée par J. Dhombres, M. Maillé et P. Robba. Un vol. in-8, de 352 pages, avec 12 figures. Masson & C.ie, Paris, 1967. Prix, cartonné, 70 F.

Le présent livre est consacré à la théorie des équations linéaires aux dérivées partielles, du type elliptique. Le premier chapitre est destiné au cercle large des lecteurs tandis que les chapitres 2—7 ont été écrits à l'intention des spécialistes. En principe, une méthode unique est utilisée, à savoir la méthode directe qui a pris naissance dans la méthode variationnelle et dont l'avantage est la simplicité. C'est de ce point de vue que se trouve

(Suite 1)

bâtie la théorie des espaces de Sobolev et des solutions faibles des problèmes aux limites. Cette méthode joue aussi le rôle principal pour les problèmes de régularité, dans la théorie des solutions très faibles et dans l'application des espaces à poids. À coté des résultats connus, le présent livre contient un nombre de résultats inédits, ou bien de résultats démontrés partiellement: l'exemple typique en sont les théorèmes sur la régularité de la solution dans le voisinage de la frontière. Quelques résultats connus sont démontrés d'une manière plus simple. En somme, la théorie est conduite jusqu'à l'état actuel. La théorie des équations elliptiques, fondée sur les méthodes directes s'achève à l'époque actuelle, néanmoins il y a encore beaucoup de problèmes à résoudre. Le livre est écrit de façon que ces problèmes se dégagent tout naturellement; en plus, on a inséré directement un nombre « des problèmes » ce qui montre les perspectives possibles.

SOMMAIRE. - *I: Exposé élémentaire des principaux résultats. - II: Les espaces* $W_p^{(k)}$. - *III: Existence, unicité et propriétés fondamentales des solutions des problèmes aux limites. - IV: Régularité de la solution. - V: Applications des égalités de Rellich et de leurs généralisations aux problèmes aux limites. - VI: Application des espaces de Sobolev avec poids aux problèmes aux limites. - VII: Régularité de la solution pour des coefficients et des domaines non-réguliers.*

2

***. - **Modern Astrophysics. A Memorial to Otto Struve.** Communications rassemblées par M. Hack. Un vol. in-8, de 360 pages, avec nombreuses figures et tableaux. Gauthier-Villars, Paris, 1967. Prix, relié, 78 F.

Cet ouvrage, dédié à la mémoire de O. Struve, présente 29 articles écrits par ses collaborateurs et disciples. Tous les articles sont des contributions ou analyses originales par des spécialistes des divers domaines de l'astrophysique moderne. Leur niveau est relativement élevé tout en restant accessible aux étudiants en astronomie, astrophysique et physique. Ils doivent rendre d'éminents services à tous ceux qui s'occupent de recherches dans ces domaines. L'ouvrage donne en effet un aperçu complet et à jour de toute l'astrophysique moderne.

***. - **Planètes et satellites.** Mondes de l'espace. Ouvrage publié sous la direction de P. GUÉRIN avec la collaboration de E. SCHATZMAN, J. FOCAS, M. COMBES, M. LAFFINEUR et P. COUTEAU. Préface de J.-F. DENISSE. Un vol. in-4, de 306 pages, 14 hors-texte en couleurs, 600 illustrations en noir. Librairie Larousse, Paris, 1967. Prix, relié, 83 F.

Planètes et satellites, mondes de l'espace, ne donne pas seulement des informations complètes et à jour. Il montre de quelle façon elles ont été obtenues et quel crédit on peut leur accorder. En particulier, les nombreux astronomes amateurs qui liront cette encyclopédie y trouveront d'importants chapitres se rapportant aux instruments astronomiques et aux conditions d'observation des objets célestes. En matière de science, le manque d'imagination engendre la stérilité et la stagnation de la recherche. Aussi l'ouvrage traite-t-il des questions les plus brûlantes touchant en particulier à la vie dans l'Univers et rapporte les hypothèses parfois osées que l'on peut être amené à se poser en ce domaine. Accessible à tous, l'ouvrage a été rédigé par une équipe d'astronomes spécialistes des sujets qu'ils traitent et tient compte des découvertes les plus récentes, dont beaucoup sont encore inconnues du public. L'illustration en noir et en couleurs (près de 50% du volume) rassemble les meilleures photographies prises par les engins spatiaux et les observatoires du monde entier. A l'instant où les progrès de l'Astronautique vont permettre de débarquer sur les planètes, *Planètes et satellites*, mondes de l'espace, permet de faire, dès aujourd'hui, le passionnant voyage des cosmonautes de demain.

SOMMAIRE. - *I: Le système solaire dans l'Univers*, par P. GUÉRIN. - I. Instruments et méthodes d'observation, par P. GUÉRIN. - *II: Lunettes et télescopes. - III: Les méthodes d'observation.* - II. Structure des planètes et origine du système solaire,

(Suite 2)

par E. SCHATZMAN. *IV: Les mouvements et les forces dans le système solaire. - V: L'intérieur des planètes et les météorites. - VI: La genèse des étoiles et du système solaire.* - III. Les surfaces des planètes. *VII: Notre satellite, la Lune,* par P. GUÉRIN. - *VIII: Mercure, monde désolé,* par P. GUÉRIN. - *IX: Vénus et son manteau de nuages,* par P. GUÉRIN. - *X: Mars, l'énigmatique planète rouge,* par P. GUÉRIN. - *XI: Jupiter, la planète géante du système solaire,* par J.-H. FOCAS. - *XII: Saturne et ses anneaux,* par M. COMBES. - *XIII: Uranus, Neptune et Pluton,* par M. COMBES. IV. La radio-astronomie et l'environnement des planètes, par M. LAFFINEUR. *XIV: L'observation radio-électrique des planètes. - XV: L'environnement des planètes.* - V. Les autres systèmes planétaires et la vie dans l'Univers. *XVI: Les compagnons planétaires autour des étoiles proches,* par P. COUTEAU. - *XVII: La vie dans l'Univers,* par P. GUÉRIN.

***. - **The Magnetic and Related Stars.** Edited by R. C. CAMERON. A vol. in-8, of XII-596 pages, with many figures and many tables. Mono Book Corporation, Baltimore, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 25,00.

This volume represents the proceedings of the international Symposium on the Magnetic and Other Peculiar and Metallic-Line A stars, sponsored jointly by the American Astronomical Society and the National Aeronautics and Space Administration, and held at the NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, November 8-10,1965. It was the first symposium on the ultra-fundamental subject of cosmic magnetism to be concerned primarily with the magnetic stars, whose effective magnetic field intensities — ranging up to a maximum of 34400 gauss — are the greatest known in nature. The 40 invited and contributed papers by leading astronomers and physicists from five continents are augmented by Dr. G. W. Preston's 1965 Helen B. Warner Prize Lecture, « Stellar Magnetism — Past, Present, and Future ». It is published herein as a companion-piece to the introductory lecture of the symposium by Dr. W. P. Bidelman on the peculiar and metallic-line A stars [Ap and Am stars], which are noted for their strange chemical compositions, and which comprise the great majority of the known magnetic stars. The Ap and Am stars — which are well represented among the brightest stars in the sky — were already of compelling astrophysical interest in their own right before Dr. Horace W. Babcock two decades ago discovered that they commonly exhibited strong, variable magnetic fields. The symposium participants have addressed themselves to one of the current major tasks of astronomy and astrophysics: to formulate an evolutionary theory explaining both the magnetic and other unusual manifestations of the Ap and Am stars, and to relate stellar magnetism to the various other forms of cosmic magnetism. The symposium papers are also concerned with subject matter bearing peripherally upon these problems; e.g., the normal B, A, and F stars, the weak-lined stars, the red giants, the sun, and cosmic rays. The typical symposium paper is accompanied by an abstract, references, and a discussion of the paper by symposium participants. Appendices have been added, giving up-to-date observational data for all of the known magnetic stars (including 35 new magnetic stars, heretofore unreported as magnetic), as well as similar data for the brightest Ap and Am stars. The extensive Subject Index is complemented by a Name Index and a Star Index. This volume, which serves also as a baedeker to numerous important theoretical and observational astrophysical problems, represents the first book-length treatment not only of the magnetic stars, but also of the Ap and Am stars. It will be of primary interest to those scientists from the graduate level upward who are concerned with cosmic magnetism and magnetohydrodynamics, astronomy and astrophysics (galactic, solar, and nuclear), plasma physics, and laboratory spectroscopy.

CONTENTS. - *I: Introductory Lectures. - II: Stellar Magnetic Fields: Theoretical Investigations. - III: Stellar Magnetic Fields: Observational Investigations. - IV: Magnetic and Related Stars: Evolutionary Studies. - V: Magnetic and Related Stars: Spectroscopic Studies. - VI: Magnetic and Related Stars: Photometric Studies. - VII: Related Astrophysical Problems. - VIII: Summation and Final Discussion.*

BEET, E. A. - **Astronomy Old and New.** A vol. in-8, of X-198 pages, with 64 figures and XVI plates. G. Bell and Sons Ltd., London, 1967. Price, bound, sh. 25.

(Suite 2)

This author's *The Sky and Its Mysteries* was published in 1952 and in due course reprinted three times; the advance of astronomy since that date has been so rapid that a replacement has become necessary. The basic and unchanging astronomy of the old work has been incorporated, but there is much new material, seventeen new photographs and an enlarged and improved format. Space flight as such is not discussed, but the astronomical discoveries resulting from it have been included. No previous knowledge of the subject is assumed, but after an elementary start the reader is led on to concise accounts of the equipment, discoveries and controversies of recent years. Numerous references have been included to help the student to amplify the topics which catch his particular interest. These, with the inclusion of a comprehensive index, make it a reference and source book for the amateur astronomer, and it should serve as a text for the sixth form « minority studies » suggested by the Association for Science Education.

CONTENTS. - *I: The Sky We See. - II: The Development of Astronomy. - III: The Astronomer's Equipment I: Traditional. The Telescope; Photography; Spectroscope; Spectrohelioscope; Photometer. - IV: The Astronomer's Equipment II: The New Era. Radio Astronomy; Getting Above the Atmosphere; Satellites and Space Probes. - V: The Earth and its Satellite. The Earth; the Moon; Conditions on the Moon; the Earth-Moon System. - VI: The Planets and their Associates. Mercury, Venus and Mars; the Four Great Planets; the Minor Planets; Comets; Meteors. - VII: The Sun and Other Stars. The Sun; the Distance and Brightness of Stars; the Character of a Star; Special Stars; Stellar Energy. - VIII: The Stellar System. Local Groupings; the Galaxy; Other Galaxies; the Spiral Galaxy; the Radio Sources. - IX: Some Current Problems. Planets and Life; the Expanding Universe.*

INGLIS, S. J. - **Planets, Stars, and Galaxies.** An Introduction to Astronomy. Second Edition. A vol. in-8, of XII-482 pages, with many figures. John Wiley & Sons, Inc., London, 1967. Price, bound, sh. 65.

The purpose of this book has not changed in the new edition: there is still a need to present the subjects of astronomy to those who, without being well-grounded in mathematics, nevertheless feel that man must have some sense of his place in and his relation to the physical universe. With the ever-increasing ability of man to observe and to travel in the universe it becomes even more important the knowledge of astronomy not be restricted to the scientist.

CONTENTS. - *I: Introduction. - II: Basic Tools and Methods. - III: The Atom. - IV: The Physical Characteristics of the Planets. - V: The Planetary Motions. - VI: Satellites. - VII: Minor Planets, Meteorites, and Comets. - VIII: The Age and Origin of the Solar System. - IX: The Sun. - X: The Stars, a General Description. - XI: Nonstable Stars. - XII: The Evolution of Stars. - XIII: Multiple Stars and Clusters. - XIV: Between the Stars. - XV: Galaxies. - XVI: The Universe and Relativity.*

TANDBERG-HANSSEN, E. - **Solar Activity.** A vol. in-8, of XVI-464 pages, with many figures and tables. Blaisdell Publishing Company, Waltham (Mass.), 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 16,50.

The different manifestations of solar activity are treated in a unique framework: as the inevitable results of the interaction between solar magnetic fields and solar plasma. The purpose of this book — to give a physical understanding of solar activity — is achieved in two steps, utilizing both observational and theoretical treatments. The different models proposed to account for a given set of observations are discussed first; then theoretical interpretations and speculations are presented. Written for the advanced student in astrophysics, this text gives a comprehensive account of the « disturbed » conditions that can be found in a « typical » star like our sun, when magnetic fields play havoc with the « quiet » conditions. Astrophysicists and astronomers may find the text helpful in teaching and research.

CONTENTS. - *I: Basic Equations and Principal Physical Assumptions. - II: Observations of Solar Activity. - III: The Quiet Sun. - IV: The Sun as a Variable Star. - V: Sunspots. - VI: Flares. - VII: Prominences. - VIII: The Active Corona.*

(Suite 2)

ZIRIN, H. - **The Solar Atmosphere.** A vol. in-8, of x-502 pages, with many figures and tables. Blaisdell Publishing Company, Waltham (Mass.), 1966. Price, bound, Doll. U.S.A. 15,00.

This summary of our present understanding of the atmosphere of the sun, based on observational data, is concerned with physical rather than mathematical analysis. Although written for graduate students, it is intended to interest non-specialists as well. All symbols are explained, and introductory background is given for most of the material on astronomy. The first five chapters introduce concepts of theoretical astrophysics, and the subsequent chapters offer much observational material. The latter is accompanied by a collection of more than 150 superb photographs, many never before published. The book avoids excessive technicalities and is written in readable English. It is not meant to be an exhaustive summary of all the material ever published. Rather it represents the author's views on the important questions in solar physics today, and it suggests directions for their solution. Among the topics covered are solar activity, solar flares, the structure of the chromosphere, the nature of the corona, and the magnetic fields on the surface of the sun. Particular emphasis is given to the sun's chromospheric network and its semipermanent surface topography. The emphasis is always on the observational data and their interpretation.

CONTENTS. - *I: Introduction.* - *II: Solar Observational Gadgetry.* - *III: Plasmas in Magnetic Fields.* - *IV: Interpreting Spectra, or the Dance of the Atoms.* - *V: Atomic Spectra.* - *VI: The Solar Corona. Descriptive.* - *VII: The Solar Corona, Physical Processes.* - *VIII: The Outer Corona and the Interplanetary Medium.* - *IX: The Chromosphere.* - *X: The Photosphere.* - *XI: Prominences.* - *XII: Solar Activity.* - *XIII: Flares.* - *XIV: Why and What?*

BARROUX, M. - **Les émetteurs de radiodiffusion et de télévision.** Un vol. in-16 (de la collection « *Que sais-je* »?, N. 214), de 128 pages, avec 56 figures. Presses Universitaires de France, Paris, 1967. Prix, broché, 3 F.

SOMMAIRE. - I. Le rôle de l'émetteur. *I: La liaison entre le studio et l'usager.* - *II: Le courant BF et le courant vidéo.* - *III: Le courant HF.* - *IV: Les ondes électromagnétiques.* - *V: Les ondes hertziennes (ou radioélectriques).* - *VI: La propagation des ondes.* - *VII: La zone de réception.* - *VIII: L'attribution des longueurs d'onde.* - II. L'anatomie des émétteurs. *I: Les composants.* - *II: Les centres émetteurs.* - III. La physiologie des émetteurs. *I: La production du courant HF.* - *II: La modulation.* - *III: Le rayonnement des ondes.* - IV. Les conditions d'exploitation. *I: Performances concernant l'onde HF.* - *II: Performances concernant le courant BF.* - *III: Réglage du taux de modulation.* - *IV: La qualité en télévision.* - *V: La sécurité d'exploitation.*

DONNELLY, R. J. - **Experimental Superfluidity.** A vol. in-8, of VIII-264 pages, with many figures and XVII tables. The University of Chicago Press, London, 1967. Price, unbound, sh. 26.

CONTENTS. - I. Introductory Concepts. *I: Some Properties of Helium.* - *II: Production of Low Temperatures.* - *III: Measurement of Temperature.* - II. Two-Fluid Model and Macroscopic Quantization. *IV: Isothermal Flow Effects.* - *V: Thermal Effects.* - *VI: Internal Convection and the Equations of Motion in the Two-Fluid Model.* - *VII: The Propagation of Sound in Helium II.* - *VIII: Breakdown of the Simple Two-Fluid Model: Macroscopic Quantum Effects.* - *IX: Critical Velocities Owing to Vortex Generation.* - III. Quasi Particle Model for Helium. *X: Excitation Spectrum of He II.* - *XI: Thermodynamic Properties of He II.* - *XII: Calculation of* ρ_n *and* ρ_s. - *XIII: Condition for Superfluidity.* - *XIV: Mobility of Ions.* - *XV: Viscosity Coefficient.* - IV. Generalized Hydrodynamic Equations. *XVI: Landau's Hydrodynamic Equations.* - *XVII: The Bekaravich-Khalatnikov Hydrodynamic Equations.* - *XVIII: Second Sound in Rotating Helium. Determination of the B-Coefficients.* - *XIX: Hydrodynamic Stability of He II.* - V. Mi-

(Suite 3)

croscopic Theory of Helium II. *XX: Ideal Bose-Einstein Gas. - XXI: Bogoliubov's Theory. The Weakly Interacting Bose Gas. - XXII: Hartree Self-Consistent Field Approach. -* VI. Ions in Helium II. *XXIII: Structure of Ions. - XXIV: Interaction Between Ions and Quantized Vortices. - XXV: Escape of Ions from Vortex Lines and Rings. - XXVI: Capture of Ions by Vortex Lines. - XXVII: Further Aspects of Ion Motion.*

HEISENBERG, W. - **Introduction to the Unified Field Theory of Elementary Particles.** A vol. in-8, of x-178 pages, with figures. Interscience Publishers, a Division of John Wiley & Sons, London, 1966. Price, bound, sh. 47.

The present book contains a series of lectures which have been given at the University of Munich during the summer term 1965, with the hope to draw the attention of the younger generation of physicists to the present development of the unified field theory of elementary particles.

CONTENTS. - *I: The Important Experimental Facts. - II: The Mathematical Tools. - III: The Fundamental Field Equation. - IV: Methods of Approximation. - V: Solution of the Simplest Eigenvalue Equations. - VI: Theory of Coupling Constants. - VII: Strange Particles. - VIII: Quantum Electrodynamics. - IX: Relations of the Unified Field Theory to Phenomenological Theories. - X: Concluding Remarks.*

PECKER-WIMEL, Ch. - **Introduction à la spectroscopie des Plasmas.** Un vol. in-8, de XII-156 pages, avec figures. Gordon and Breach, New York, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 9,50.

Sous le nom d'introduction à la spectroscopie des plasmas est publié un cours que l'Auteur enseigne déjà depuis quelques années à la Faculté de Paris (Physique des milieux ionisés-3è cycle) et qui n'était jusqu'ici distribué aux étudiants et aux chercheurs français ou étrangers. Ce cours, que l'A. a voulu aussi simple que possible pour ne pas laisser oublier, derrière l'élégance de certaines équations mathématiques, la complexité d'un plasma et les difficultés rencontrées lorsqu'on veut comprendre les processus physiques qui prennent place dans ce milieu, à géométrie souvent complexe où voisinent atomes, ions, électrons souvent en présence de champs magnétiques, de champ électriques... Ce cours s'adressant à des étudiants de niveaux et de formation très différente (option expérimentale et théorique), est probablement trop simple pour les « théoriciens » mais ceux-ci pourront toujours approfondir leurs connaissances en consultant la liste des ouvrages plus spécialisés indiqués à la fin de chaque chapitre, ouvrages dans lesquels ils trouveront une bibliographie plus complète que celle signalée.

SOMMAIRE. - *I: Quelques notions de spectroscopie. - II: L'équilibre thermodynamique. - III: Interactions matière-rayonnement. - IV: Etude des processus dus aux collisions. - V: Etude du profil d'une raie. - VI: Equilibre thermodynamique local. - VII: Diagnostic spectroscopique. - VIII: Etude d'un spectre dans des conditions éloignées de l'équilibre thermodynamique. - IX: Quelques notions sur le fonctionnement des lasers à gaz.*

TAYLOR, E. F. and WHEELER, J. A. - **Spacetime Physics.** A vol. in-8, of 208 pages, with 138 figures and XV tables. W. H. Freeman and Company, London, 1966. Price, bound, sh. 36.

Preliminary drafts of this book have been used in freshman classes in several institutions, in intermediate classes, and in summer conference courses for college teachers. Calculus employed is minimal (the concept of velocity) and can easily be supplied by the instructor if it has not been covered in an earlier or a concurrent mathematics course. More than one hundred exercises — many of them solved in detail — analyze a wide variety of current experiments, probe the observational and philosophical foundations of relativity, and provide a rich menu of puzzles and paradoxes. A few of the advanced problems (marked with asterisks) require calculus and should prove challenging to upperclass students. Chapter 1 develops the simplest and most essential properties of spacetime. Apparent paradoxes in spacetime geometry are seen to melt away on comparison with analogous « paradoxes » in the everyday Euclidean geometry of space. A close tie is established between the geometry of spacetime and the physics of freely

(Suite 3)

moving objects. (The spaceman and spaceship on the front cover of the book symbolize the simplicity of physics in a freely falling, or inertial, frame of reference). Chapter 2 forgoes traditional — and premature — use of the Newtonian equation $F = ma$ and turns instead directly to the principle of action and reaction and the law of conservation of momentum. Momentum and energy, bursting the bounds of the Newtonian vision, reveal themselves as parts of a larger unity that also encompasses rest mass. Chapter 3 discusses the limits of special relativity and the domain of general relativity. The book concludes with a panorama of physics as seen from the spacetime viewpoint — a path to the understanding of physics that is truly simple, because « that is how the machinery of the world really works ».

4

DAUDEL, R. - **Théorie quantique de la réactivité chimique.** Un vol. in-8 (Vol. XXIV du *Traité de Physique Théorique et de Physique Mathématique*), de XII-190 pages, avec 29 figures. Gauthier-Villars, Paris, 1967. Prix, broché, 38 F.

Ce livre est basé sur les cours que l'auteur donne en Sorbonne dans le cadre d'un enseignement de troisième cycle. Il est entièrement consacré à la Théorie Quantique de la Réactivité Chimique et comprend quatre grandes parties. Dans la première on trouve un exposé détaillé de la méthode de l'état de transition de Eyring de Polanyi, seule théorie actuellement applicable aux molécules intéressant usuellement les chimistes. La seconde partie est consacrée à l'étude des forces intermoléculaires qui jouent un rôle essentiel en réactivité et aux équilibres conformationnels. L'analyse du rôle des facteurs qui déterminent les constantes d'équilibre en général fait l'objet de la troisième section où l'on traite notamment des biradicaloïdes, du rôle du solvant, des potentiels d'oxydo-réduction, de la force des acides et des bases. Le problème fondamental de la prévision de la vitesse d'une réaction fait l'objet de la dernière partie. On discute en particulier de l'inversion de Walden, des substitutions en général, de la diène synthèse, de la chimie des radiations, des réactions de polymérisation et des réactions photochimiques. Chemin faisant, on traite des exemples d'intérêt biochimique comme la théorie des mutations provoquées par les radiations, la force des amino-acides, les étapes de la chaîne respiratoire.

SOMMAIRE. - *I: Base de la théorie quantique de la réactivité chimique des molécules. - II: Forces intermoléculaires, interaction entre atomes non liés, équilibres conformationnels. - III: Constantes d'équilibre des réactions réversibles en solution. - IV: Constantes de vitesse de quelques réactions de la chimie organique.*

LOZAC'H, N. - **La nomenclature en chimie organique.** Un vol. in-8 (de la *Collection de « Monographies de Chimie Organique »*, Vol. VI), de VI-296 pages, avec XXVI tableaux. Masson & C.ie Editeurs, Paris, 1967. Prix, cartonné toile, 103 F.

Cet ouvrage expose les méthodes et les usages généralement admis en nomenclature organique, tout en proposant une réflexion critique sur les principes fondamentaux qui sont plus ou moins nettement impliqués. Ce livre a l'ambition non seulement d'enseigner la nomenclature, mais de la mieux faire comprendre, en en exposant le cheminement, parfois incertain, parfois rigoureux, mais rarement aisé. A cette fin, l'ouvrage commence par un bref aperçu historique montrant l'importance qu'eut la nomenclature dans l'évolution des idées en chimie et comment, inversement, certaines théories chimiques conduisirent à adopter tel ou tel type de nomenclature. Les principes fondamentaux sont ensuite exposés dans la forme où on les admet en général actuellement et une étude particulière est consacrée aux vocables numériques dont l'usage est si important en chimie. Les règles de nomenclature sont ensuite données, et tout d'abord, un ensemble aussi succinct que possible de règles générales, qui constituent en quelque sorte l'armature de tout le système. Alors que les chapitres suivants étudient en détail les cas particuliers, les règles générales dégagent, sur un petit nombre d'exemples, les principes essentiels de la nomenclature organique. Dès qu'il se trouvera en présence d'un problème compliqué,

(Suite 4)

le lecteur aura donc souvent intérêt à se reporter d'abord aux règles générales qui lui faciliteront grandement l'application des règles particulières.

SOMMAIRE. - *I: Historique. - II: Nature des noms chimiques. - III: Principes de la nomenclature systématique. - IV: Règles générales pour la formation des noms dérivés. - V: Hydrocarbures. - VI: Hétérocycles. - VII: Fonctions.*

YATES, P. - **Structure Determination.** Commentaries on the Determination of the Structure of Some Natural Products. A vol. in-8, of XII-176 pages, with many figures and VII tables. W. A. Benjamin, Inc., New York, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 8,50.

This text-monograph describes the methods and reasoning used by the organic chemist in determining the structures of complex compounds. It includes commentaries on the determination of structures of five naturally occurring compounds or closely related groups of compounds by the use of degradative, physical, and synthetic methods. Intended primarily as a supplement to the regular text in an introductory organic chemistry course, it may also be used as supplementary reading in courses on natural products and structural organic chemistry. The account is illustrative rather than comprehensive; cases have been chosen to illustrate both different types of structure and the application of different techniques to structural elucidation. A wide variety of modern degradative and synthetic reactions, spectroscopic methods, and theoretical concepts are discussed. Brief bibliographies are included for each compound discussed, together with an appendix which gives references to other cases of structure determination from the original literature which are particularly noteworthy from a pedagogic viewpoint.

CONTENTS. - *I: Cedrene and Cedrol. - II: Mangostin. - III: Spegazzinidine and Spegazzinine. - IV: Quassin and Neoquassin. - V: Magnamycin.*

5

***. - **Caribbean Geological Investigations.** Edited by H. H. HESS. A vol. in-8 (Memoir N. 98), of VI-310 pages, with 61 figures, XIII tables, XXIII plates and V maps. The Geological Society of America, Inc., New York, 1966. Price, bound, Doll. U.S.A. 18,00.

CONTENTS. - *I: Caribbean Research Project, 1965, and Bathymetric Chart*, by H. H. HESS. - *II: Geology of Central Dominican Republic (A Case History of Part of an Island Arc)*, by C. O. BOWIN. - *III: Geology of St. Thomas and St. John, U.S. Virgin Islands*, by TH. W. DONNELLY. - *IV: Geology of St. Croix, U.S. Virgin Islands*, by J. T. WHETTEN. - *V: Geology and Metamorphism of Cretaceous Rocks in Eastern Carabobo State, Venezuelan Coast Ranges*, by E. R. OXBURGH.

BAUER, L. und WEINITSCHKE, H. - **Landschaftspflege und Naturschutz.** Eine Einführung in ihre Grundlagen und Aufgaben. Mit einem Geleitwort von H. MEUSEL. Zweite, wesentlich erweiterte Auflage. Ein Band in-8, von 302 Seiten, mit 110 Abbildungen und XL Tabellen im Text. Veb Gustav Fischer Verlag, Jena, 1967. Preis, geb., DM. 23,30.

INHALT. - I. Von der Naturdenkmalpflege zur Landschaftspflege. - II. Grundlagen der Landschaftspflege und die wichtigsten Faktoren des Landschaftshaushaltes. *I: Landschaft und Landschaftshaushalt. - II: Wald und Gehölze. - III: Wasserhaushalt. - IV: Gelände- und Mikroklima. - V: Böden.* - III. Landschaftspflege und Gestaltung der Kulturlandschaft. *I: Gliederung und Gestaltung der Kulturlandschaft. - II: Neuordnung der Fluren. - III: Wald-Feld-Verteilung. - IV: Gewässerpflege. - V: Reinhaltung der Luft (Lufthygiene). - VI: Melioration und Rekultivierung. - VII: Biozide und ihre Auswirkungen*

(Suite 5)

auf Biozönose und Landschaftsgefüge. - VIII: Landschaftsplanung und Erholungswesen. - IX: Küstenschutz. - X: Bauten in der Landschaft. - XI: Landschaftspflegepläne. - IV. Naturschutz als Beitrag zur Landschaftspflege. *I: Allgemeiner Naturschutz. - II: Geschützte Pflanzen. - III: Geschützte Tiere. - IV: Naturdenkmäler. - V: Landschaftsschutzgebiete. - VI: Naturschutzgebiete. - VII: Naturschutz und Jagd. - VIII: Definition von Begriffen aus dem Sachgebiet Landschaftspflege und Naturschutz.* - V. Naturschutz in der DDR und gesetzliche Bestimmungen. *I: Naturschutzgesetz, Organisation und Aufgabenstellung. - II: Wortlaut des Naturschutzgesetzes. - III: Weitere Gesetze und Verordnungen zu Naturschutz und Landschaftspflege.* - VI. Literaturverzeichnis. - VII. Sachregister.

BIGELOW, R. S. - **The Grasshoppers (Acrididae) of New Zealand.** Their Taxonomy and Distribution. A vol. in-8, of 152 pages, with XL plates and maps. University of Canterbury, Christchurch, 1967. Sans indication de prix.

The first step in any zoogeographic, evolutionary, or ecological study must be to establish a sound taxonomic foundation. This Dr Bigelow has done for the grasshoppers of New Zealand. The taxonomy, distribution, and habitat preferences of the fifteen known species of New Zealand grasshoppers are described and illustrated with precision and clarity. There are about 180 pages of text, 40 pages of illustrations, and several maps. This is a definitive work. Future studies of various kinds can based on Dr Bigelow's work. For example, New Zealand's native grasshoppers form part of the floral and faunal complex showing links between New Zealand, Australia, and Chile, and their original home may have been Antarctica. They are of interest, therefore, to zoogeographers who are now studying very ancient land connections and climates in the Southern Hemisphere. New Zealand's grasshoppers show the evolutionary effects of the Ice Age very clearly. The mountains resemble an archipelago of islands, with different grasshoppers isolated in each range and on either side of each major river valley. Situations of this kind have been rich sources of information on evolutionary rates and processes, and New Zealand's grasshoppers offer a promising field for the continuation of such research. Apart from their zoogeographical and evolutionary interest, these alpine grasshoppers are an important component of the subalpine habitat, and erosion control in these areas will require detailed studies of the ecological relationships between the grasshoppers and other biological and physical factors. In all such studies this book will provide the necessary foundation.

BOWEN, Z. P. - **Brachiopoda of the Keyser Limestone (Silurian-Devonian) of Maryland and Adjacent Areas.** A vol. in-8 (Memoir N. 102), of VIII-104 pages, with 6 figures, I table and VIII plates. The Geological Society of America, Inc., New York, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 6,50.

The brachiopod fauna of the Keyser Limestone within a 50-mile radius of the type section at Keyser, West Virginia, is described. Thirty-three species representing 26 genera are recognized in the fauna, six species are new.

CONTENTS. - *I: Abstract. - II: Introduction. - III: Biostratigraphy. - IV: Correlation. - V: Age of the Keyser Limestone. - VI: Systematic Descriptions. - VII: Stratigraphic Sections. - VIII: References Cited. - IX: Explanation of Plates. - X: Index.*

CLARCK, D. L. - **Heteromorph Ammonoids from the Albian and Cenomanian of Texas and Adjacent Areas.** A vol. in-8 (Memoir N. 95), of VIII-100 pages, with 22 figures and XXIV plates. The Geological Society of America, Inc., New York, 1965. Price, bound, Doll. U.S.A. 5,50.

The present study was initiated in order to synthesize the taxonomy of the Texas Cretaceous heteromorphs with the work done in Europe. The object has been a modern classification of the abnormally coiled Albian and Cenomanian ammonoids in Texas and adjacent areas. The time boundaries chosen include the initiation and completion of many of the heteromorph lineages. In conjunction with this study, younger heteromorphs have been studied (Clark, 1963). With the work of Stephenson (1941) considered, there is now a fairly complete coverage of Texas Cretaceous heteromorphs.

(Suite 5)

GRANT, R. E. - **Faunas and Stratigraphy of the Snowy Range Formation (Upper Cambrian) in Southwestern Montana and Northwestern Wyoming.** A vol. in-8 (Memoir N. 96), of x-172 pages, with 1 figure and XV plates. The Geological Society of America, Inc., New York, 1965. Price, bound, Doll. U.S.A. 5,75.

Detailed modern investigations of Upper Cambrian lithostratigraphy, paleontology, and biostratigraphy in several widely separated regions of the United States have made the Croixan Series one of the best understood parts of the North American stratigraphic sequence. Some of these studies were undertaken in preparation of the Cambrian Correlation Chart (Howell and others, 1944), and others were begun after the chart showed gaps in knowledge of Croixan biostratigraphy, even in the Croixan type area. The present study is one of a series of investigations of Upper Cambrian lithostratigraphy and biostratigraphy in several parts of the United States. In terms of lithostratigraphy the present study concerns the Snowy Range Formation and the overlying Devonian Maywood unit. No fossils were found in the Maywood; the faunas are entirely those of the Snowy Range Formation. Collections were made on the basis of lithic succession rather than faunal succession; therefore although most species are Franconian and Trempealeauan, a few from near the base of the Snowy Range are Dresbachian.

6

***. - **Discovery Reports.** Vol. XXXV, pp. 1-30. **Seasonal Formation of Laminae in the Ear Plug of the Fin Whale,** by H. S. J. Roe. A vol. in-4, of 30 pages, with 8 figures, IV tables and IV plates. Cambridge University Press, London, 1967. Price, unbound, sh. 26.

Contents. - *I: Introduction. - II: The Ear Plug as an Indication of Age. - III: The Structure of the Ear Plug and Previous Work on the Histology of the Core. - IV: Materials and Methods. - V: The Histology of the Core of the Ear Plug. - VI: Seasonal Changes in Lamina Formation. - VII: Lamina Formation in Relation to Migrations. - VIII: Possible Causes of Lamina Formation. - IX: Minor Laminae in Immature Whales. - X: Conclusions.*

LEONHARDT, H. - **Histologie und Zytologie des Menschen.** Einführung für Ärzte und Studenten. Ein Band in-16, von viii-408 Seiten, mit 249 Abbildungen. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1967. Preis, geh., DM. 10,80.

Dieses Taschenbuch ist zunächst für Anfänger als Lehrbuch gedacht, es kann aber auch als Repetitorium verwandt werden. Der Stoff ist so gegliedert, dass von Beobachtung und Methode ausgegangen wird und die einzelnen Schritte den Gang einer Untersuchung markieren, über den man sich anhand des Inhaltsverzeichnisses orientieren sollte. Um gewisse Schwierigkeiten zu vermeiden werden licht- und elektronenmikroskopische Ergebnisse in entscheidenden Kapiteln parallel aufgezeichnet. Soweit möglich, wird von der Erfahrung des unbewaffneten Auges ausgegangen, und schrittweise in die stärkeren Vergrösserungbereiche vorzudringen.

Inhalt. - *I: Einleitung. - II: Zytologie. - III: Allgemeine und spezielle Histologie.*

VOLPE, E. P. - **Understanding Evolution.** A vol. in-8, of xvi-160 pages, with many figures and tables. WM.C. Brown Company Publishers, Dubuque (Iowa), 1967. Price, unbound, Doll. U.S.A. 2,25.

Contents. - *I: Meaning of Evolution. - II: Origin of Genetic Variation. - III: Genetic Equilibrium. - IV: Concept of Selection. - V: Selection in Action. - VI: Balanced Polymorphism. - VII: Nonadaptive Evolution. - VIII: Races and Species. - IX: Cataclysmic Evolution. - X: Adaptive Radiation. - XI: Major Adaptive Radiations. - XII: Convergence. - XIII: Origin and History of Life. - XIV: Emergence of Man.*

7

***. - **Cell Differentiation and Morphogenesis.** International Lecture Course, Wageningen, The Netherlands, April 26-29, 1965. A vol. in-8, of VIII-210 pages, with many figures and tables. North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1966. Price, bound, Dfl. 30.

The lectures presented at the symposium on cell differentiation organized by the Agricultural University of Wageningen constitute a valuable and up-to-date introduction to the subject by seven outstanding scientists. Of particular interest is the confrontation of the zoological and botanical approaches in this field, which may serve to stimulate both groups of workers, with their widely varying ways of thinking and methods. This approach is in keeping with the general object of the symposia of the Agricultural University, namely to present material which has a direct bearing on both animal breeding and plant growing. After a broad introduction by Professor E. Wolff (Nogent-sur-Marne) the subject is treated at the molecular level by Professor W. Beermann (Tübingen). The aspects of regeneration are treated in the lectures by Professor E. Wolff and Professor R. J. Gautheret (Paris) for animals and plants respectively. Mechanisms of local induction are discussed by the botanist Professor C. W. Wardlaw (Manchester) and the zoologist Professor P. D. Nieuwkoop (Utrecht). Hormonal regulation of differentiation is dealt with by Professor J. A. D. Zeevaart (East Lansing, Mich.) for plant growth and by Sir Vincent Wigglesworth (Cambridge) for insect morphogenesis.

ABRAMOFF, P. and THOMSON, R. G. - **An Experimental Approach to Biology.** A vol. in-8, of XII-254 pages, with many figures and tables. W. H. Freeman and Company, London, 1966. Price, unbound, sh. 26.

An Experimental Approach to Biology has been prepared with full cognizance of the impact that the B.S.C.S. program is having, and will continue to have, on the teaching of high school biology. The basic assumption in *An Experimental Approach to Biology* is that laboratory work is an integral part of any biology program and should be considered as being complementary — not subservient — to the lectures. The experiments have been designed to acquaint the student with many of the fundamental principles and concepts of living systems through an experimental analysis of these systems. It is also our intention to acquaint the student with the more important modern techniques of biological research. The manual is also appropriate for use in courses in advanced general zoology, advanced general botany, general physiology, and molecular biology.

CONTENTS. - *I: Cells and their Organization. - II: Physical Aspects of Life. - III: Chemical Aspects of Life. - IV: Photosynthesis. - V: Enzyme Kinetics. - VI: Carbohydrate Metabolism. - VII: Respiration. - VIII: Biological Transport. - IX: Genetics. - X: Plant Development. - XI: Animal Development.*

BERKALOFF, A., BOURGUET, J., FAVARD, P. et GUINNEBAULT, M. - **Biologie et physiologie cellulaire.** Un vol. in-8 (de la *Collection Méthodes*), de 324 pages, avec 176 figures en plusieurs couleurs. Hermann, Paris, 1967. Prix, broché, 48 F.

Cet ouvrage présente le fonctionnement de la cellule et plus précisément le fonctionnement de ses diverses parties, ou organites cellulaires. Grâce aux progrès récents de la biologie cellulaire, on connaît les fonctions particulières des organites dans la cellule; dans certains cas, on peut relier leur activité physiologique à leur architecture moléculaire. C'est en tenant compte de ces vues que sont rédigés les premiers chapitres qui traitent des organites cellulaires et de la division de la cellule. Un chapitre est consacré à l'étude de la perméabilité de la membrane et au problème de l'excitabilité cellulaire; les auteurs se sont efforcés de présenter d'une manière aisément accessible au non spécialiste et aussi proche que possible des données expérimentales les conceptions les plus récentes dans ce domaine d'actualité. Tout en restant très général, le chapitre sur les virus permet au lecteur de se familiariser avec les notions récemment acquises sur la structure des virions, les relations d'un virus avec sa cellule-hôte et leurs aspects très variés comme les virus défectifs et les virus oncogènes. Virus bactériens et virus animaux - de la grippe notamment - sont traités parallèlement de façon à souligner les principes généraux qui gouvernent la multiplication d'un virus.

(Suite 7)

ELKIND, M. M. and WHITMORE, G. F. - **The Radiobiology of Cultured Mammalian Cells.** A vol. in-8, of XVI-616 pages, with many figures and tables. Gordon and Breach, New York, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 32,00.

CONTENTS. - I. Introduction. *I: Cellular Radiobiology. - II: Historical Perspectives. - III: Prospects.* - II. Survival Curve Theory. *I: Cell Killing and Cell Survival. - II: The Semilogarithmic Plot. - III: Formal Models. - IV: Properties of Formal Survival Curves. - V: Population Homogeneity. - VI: Survival Independence. - VII: Survival Dependence. - VIII: Limitations of Formal Models. - IX: Note of Perspective.* - III. *In vitro* Survival Curves. *I: The* in vitro *Survival Criterion. - II: Characteristics of* in vitro *Survival Curves. - III: The First* in vitro *Survival Curve. - IV: Survival Responses of Other Cultured Cells. - V: Survival Independence. - VI: The Dependence of Survival Response on Cell Age. - VII: The Influence of Ploidy.* - IV. *In vivo* Assay Systems. *I: Introduction. - II: Lymphocytic Leukemia Cells. - III: Sarcoma Cells. - IV: Ehrlich Ascites Cells. - V: Normal Bone Marrow Cells. - VI: Discussion and Summary.* - V. The Influence of Chemical and Physical Factors on Survival. *I: The Oxygen Effect. - II: Chemical Modifying Agents. - III: Linear Energy Transfer (LET).* - VI. Recovery from Radiation Damage. *I: Introduction. - II: Low LET Fractionation Studies with Chinese Hamster Cells. - III: Additional Low LET Fractionation Studies. - IV: The Application of Fractionation Studies to Animal Survival. - V: High LET Fractionation Studies. - VI: The Dose Rate Dependence of Survival.* - VII. Effects of Radiation on Division and Growth. *I: Introduction: Manifestations of Radiation Damage. - II: Control Mechanisms in Cellular Systems. - III: Growth Curves. - IV: Growth Experiments with Irradiated Cells. - V: Summary.* - VIII. Chromosome Damage and Other Cytological Effects. *I: Introduction. - II: Chromosomes. - III: Radiation Effects on Chromosomes. - IV: Factors Affecting Aberration Type and Frequency. - V: Radiation Induced Aberrations in Mammalian Cells. - VI: The Role of Chromosome Damage in Radiation Induced Lethality. - VII: Radiation Damage to Cell Organelles. - VIII: Summary.* - IX. Biochemical Effects (DNA, RNA and Protein). *I: Introduction. - II: The Unirradiated Cell. - III: The Irradiated Cell. - IV: Summary.*

8

***. - **The Toxicology of Radioactive Substances.** VOLUME 3: **Iron-59.** Edited by A. A. LETAVET and E. B. KULYANDSKAYA. Translated from the Russian by R. E. TRAVERS. A vol. in-8, of VI-190 pages, with many figures and many tables. Pergamon Press, Oxford, 1967. Price, bound, sh. 55.

CONTENTS. - *I: Toxicology of Radioactive Iron-59*, by E. B. KURLYANDSKAYA. - *II: Distribution and Excretion of Different Radioactive Iron (59_{Fe}) Compounds after Intratracheal Injection in White Rats*, by N. D. SAGAIDAK. - *III: Body Radiation Dose in Rabbits Produced by Daily Oral Administration of $59_{Fe}Cl_3$, and Some Data on Accumulation and Excretion of 59_{Fe}*, by G. A. AVRUNINA. - *IV: The Effects of Prolonged Administration of Radioactive Iron on the Electrical Activity of the Cerebral Cortex of Rabbits*, by D. A. GINSBURG. - *V: The Effect of Prolonged 59_{Fe} Administration on Haemopoiesis*, by N. L. BELOBORODOVA, V. L. PONOMAREVA and E. K. RED'KINA. - *VI: Changes in Erythropoiesis during Prolonged Administration of 59_{Fe}*, by V. L. PONOMAREVA. - *VII: Haemopoiesis after Bloodloss in Rabbits during Prolonged Administration of 59_{Fe}*, by N. L. BELOBORODOVA, E. K. RED'KINA and V. L. PONOMAREVA. - *VIII: The Effect of Pregnancy and Parturition on Haemopoiesis in Rabbits during Prolonged 59_{Fe} Administration*, by N. L. BELOBORODOVA, V. L. PONOMAREVA and E. K. RED'KINA. - *IX: Peripheral Blood Changes in White Rats Following Intratracheal Injection of Various 59_{Fe} Compounds*, by N. D. SAGAIDAK. - *X: Changes in Carbohydrate Metabolism and the Serum Protein Fractions during Prolonged Administration of 59_{Fe}*, by R. L. ORLYANSKAYA. - *XI: The Effect of Prolonged Internal Administration of $59_{Fe}Cl_3$ on the Rabbit Electrocardiogram*, by A. O. SAITANOV. - *XII: The Effect on the Hearts of Rabbits of Prolonged Internal Irradiation with Small Doses of $59_{Fe}Cl_3$*, by A. O. SAITANOV. - *XIII: Morphological Changes in Rats after Intratracheal Injection of Various 59_{Fe} Compounds*, by N. D. SAGAIDAK. - *XIV: Morphological Lesions in the Organs of Rabbits during Prolonged Administration of 59_{Fe}*, by E. S. GAIDOVA. - *XV: The Effect of the Calcium Disodium Salt of Cyclohexane-diaminotetra-acetic Acid [$CaNa_2(CDTA)$]. the Calcium Disodium Salt of Ethylene-diaminotetra-acetic Acid [$CaNa_2(EDTA)$] and Pectin on Distribution and Excretion of 59_{Fe}*, by A. A. RUBANOVSKAYA. - *XVI: Polyvinylpyrrolidone and Exposure to Certain Radioisotopes*, by A. A. RUBANOVSKAYA.

(Suite 8)

CARTHY, J. D. - **The Behaviour of Arthropods.** A vol. in-8 (of the Series *University Reviews in Biology*, N. 1), of VIII-148 pages, with 41 figures. Oliver & Boyd, Edinburgh, 1965. Price, unbound, sh. 12.6.

This book sets out to give an account, which is necessarily highly selective, of behaviour shown in connection with the life activities of arthropods. At the same time attention is focused on the places where neurophysiology and behaviour have converged. The principles derived by ethologists from the study of vertebrates can be applied to much of arthropod behaviour, and it is among these animals that indications of the genetic and evolutionary based of behaviour are becoming apparent.

CONTENTS. - *I: The Arthropod Nervous System. - II: Posture and Pattern. - III: Feeding Behaviour. - IV: Host Finding. - V: Courtship and Mating. - VI: Brood Care and Social Life. - VII: Migrations and Dispersals. - VIII: Rhythms. - IX: The Sources of Arthropod Behaviour.*

KONORSKI, J. - **Integrative Activity of the Brain.** An Interdisciplinary Approach. A vol. in-8, of XII-532 pages, with many figures and plates. The University of Chicago Press, London, 1967. Price, bound, sh. 135.

What are the nervous mechanisms of memory and forgetting, of perceptions and associations, of Pavlovian conditioning, emotions, and — last but not least — of voluntary behavior? Two different approaches to this problem, complementary to each other, are possible. The aim of one approach is to elucidate the intimate nature of the processes underlying all these phenomena by biochemical and biophysical methods. The aim of the other approach is to elucidate the functional organization of the brain which allows this organ to fulfill its control over animal and human behavior. For the former approach, the function of the nerve cell is a riddle which must be disentangled. For the latter, the function of nerve cells is taken for granted. But the riddle of their collaboration must be clarified. The present book deals exclusively with the second approach. Its purpose is to present a number of facts and hypotheses which would allow us to offer a coherent picture of the functioning of the brain as the organ controlling and integrating the behavior of organisms.

CONTENTS. - *I: Basic Activities of Organisms. - II: General Physiology of Perception. - III: Categories of Perceptions in Particular Analyzers. - IV: General Physiology of Associations. - V: A Survey of the Main Associations in Man and Animals. - VI: Classical Conditioned Reflex (Type I). - VII: « Internal Inhibition » and Transformation of Classical CRs. - VIII: Instrumental Conditioned Reflexes (Type II): Earlier Experimental Evidence and Concepts, 1928-39. - IX: Type II Conditioned Reflex and Drive. - X: Structure of the Type II Conditioned Reflex Arc. - XI: The Origin and Physiological Basis of Instrumental Movement. - XII: Transient (or Dynamic) Memory. - XIII: The General Architecture of the Integrative Brain Function.*

LE GRAND, Y. - **Lumière et vie animale.** Préface de M. FONTAINE. Un vol. in-16 (de la collection « *La Science Vivante* »), de VIII-164 pages, avec 54 figures. Presses Universitaires de France, Paris, 1967. Prix, broché, 12 F.

SOMMAIRE. - I. Lumière et matière. *I: Classification des radiations. - II: Sources de lumière. - III: Interaction lumière-matière. - IV: Principaux effets photochimiques.* - II. Techniques photobiologiques. *I: Lois photochimiques. - II: Spectrophotométrie. - III: Spectres d'action. - IV: Méthode de résonance électronique.* - III. L'ultraviolet et la cellule vivante. *I: Effets délétères des radiations. - II: Action mutagénique des radiations. - III: Action photodynamique. - IV: Photoréactivation.* - IV. Photoréception animale. *I: Phototaxie. - II: Photorécepteurs des invertébrés. - III: Photorécepteurs des vertébrés.* - V. Les pigments visuels. *I: Techniques expérimentales. - II: La rhodopsine. - III: Les pigments chez les animaux.* - VI. Les réponses visuelles. *I: Électrophysiologie. - II: Seuils lumineux. - III: Acuité visuelle.* - VII. La vision des couleurs. *I: Colorimétrie humaine et animale. - II: Pigments et vision des couleurs. - III: Electrophysiologie chromatique.* - VIII. Réactions non visuelles aux radiations. *I: Réactions directes des tissus. - II: Photopériodicité animale. - III: Rythmes circadiens.* - IX. Bioluminescence. *I: Organes lumineux des animaux. - II: Mécanismes de la bioluminescence.*

(Suite 8)

PATHÉ, G. - **Le diabète sucré.** Avec la collaboration de G. CONTESSE, A MOREL, R. CERCIELLO, L. BOURRET, A. VARENNE et E. FRIEDMANN. Préface de M. ALBEAUX-FERNET. Un vol. in-8, de 338 pages, avec 20 figures. Librairie Maloine S.A., Paris, 1968. Prix, broché, 48 F.

Cet ouvrage comporte une documentation exhaustive, une étude clinique complète des aspects si divers du diabète sucré et de ses complications, un exposé raisonné du traitement par l'insuline et les antidiabétiques oraux et une très utile présentation sélective des régimes. Sans doute une longue expérience de la psychologie du malade et de son attitude vis-à-vis de la thérapeutique, a-t-elle permis aux auteurs de réaliser une monographie utile. La collaboration de médecins de discipline diverse: le gastro-entérologue, le dermatologue, l'ophtalmologue, le cardiologue, l'interniste et le biologiste, donne à cet ouvrage, sa personnalité, concrétisant tout ce qu'une collaboration enthousiaste, confiante, amicale, peut donner au médecin et, par là même, à son malade.

SOMMAIRE. - *I: Définition et généralités. - II: Traitement diététique du diabète sucré. - III: La thérapeutique du diabète sucré par l'insuline et par voie orale. - IV: Manifestations dégénératives et grandes complications de la maladie diabétique. - V: Quelques cas particuliers de diabète sucrés et les diabètes non pancréatiques.*

TREMONTI TERIGI, A. - **Longevità e vitalità. Introduzione alla Gerontologia.** Un vol. in-8, di 214 pagine, con figure. Casa Editrice Prof. Riccardo Pàtron, Bologna, 1967. Prezzo, rilegato, L. 3.500.

SOMMARIO. - I. I tessuti e gli apparati nella senescenza. *I: Definizione e finalità della Gerontologia. - II: Lo sviluppo degli organismi e la differenziazione cellulare. - III: I tessuti nella senescenza. - IV: Gli apparati nella senescenza. - V: Bisessualità nella senescenza. - VI: Il metabolismo nel vecchio. - VII: Comportamento funzionale dei principali apparati nell'età senile. - VIII: La riproduzione.* - II. Il sistema nervoso in senescenza. *I: Generalità sul cervello in senescenza. - II: Generalità sul sistema nervoso vegetativo. - III: L'attività del sistema nervoso centrale.* - III. Problemi gerontologici. *I: Attitudini ed attività dell'uomo nelle varie età. - II: Metodiche di studio dell'invecchiamento: il singolo e la popolazione. - III: La vita media e la Gerontologia. - IV: Rilievi statistici: commento sull'aumento della durata media della vita, sui mali del secolo e sulle principali cause di mortalità. - V: Studi sulla mortalità e problemi gerontologici. - VI: Le malattie cardiovascolari, l'obesità e la nevrosi. - VII: Psicosomatica e senilità. - VIII: Il cancro e la vecchiaia.* - IV. Teorie sulla senescenza. *I: Teorie sui fenomeni di invecchiamento. - II: Il Collageno nella senescenza. - III: La cute nella senescenza. - IV: Stress e invecchiamento.* - V. Studi comparativi dell'invecchiamento. *I: Studio comparativo dell'invecchiamento tra due popolazioni bianche in condizioni ecologiche diverse. - II: L'invecchiamento in relazione alla specie. - III: La Gerontologia negli USA. - IV: La Gerontologia in URSS. - V: Il ringiovanimento.*

9

***. - **Boston Studies in the Philosophy of Science.** VOLUME III. In Memory of Norwood Russell Hanson. Proceedings of the Boston Colloquium for the Philosophy of Science 1964/1966. Edited by R. S. COHEN and M. W. WARTOFSKY. A vol. in-8, of L-490 pages. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1967. Price, bound, Dfl. 65.

The third volume of *Boston Studies in the Philosophy of Science*, dedicated to the memory of Norwood Russell Hanson, contains articles by such contemporary philosophers of science as Paul Feyerabend, David Hawkins, Stephen Toulmin, Joseph Agassi, Zdisław Augustynek, George Schlesinger, Marx Wartofsky, William Wallace, O.P., and others. There are also major contributions by such leading scientists as Cornelius Lanczos, Hilda Geiringer, and Mendel Sachs, as well as contributions to logic and the history of science by Jean van Heijenoort and Benjamin Nelson. Special features of this volume include the *Symposium on Innate Ideas* with Noam Chomsky, Hilary Putnam, and Nelson Goodman as contributors; and brief memoirs of Norwood Russell Hanson from thirty-eight of his distinguished friends and colleagues. Volume III of *Boston Studies*

(Suite 9)

once again publishes work which goes beyond technical analysis of scientific theories and explanations in order to include philosophical reflections upon the history of science and also upon the still problematic interactions between metaphysics and science. The volume is based upon Boston Colloquia for the Philosophy of Science from 1964-1966.

***. - **Delaware Seminar in the Foundations of Physics.** Edited by M. BUNGE. Un vol. in-8 (*Studies in the Foundations Methodology and Philosophy of Science*, Volume 1), of XII-194 pages, with figures. Springer-Verlag, Berlin, 1967. Price, bound, DM. 38.

CONTENTS. - *I: Foundations Research in Physics*, by P. G. BERGMANN. - *II: The Structure and Content of a Physical Theory*, by M. BUNGE. - *III: Space-Time Structures in Classical Mechanics*, by W. NOLL. - *IV: Foundations of Continuum Mechanics*, by C. A. TRUESDELL. - *V: Levels of Description in Statistical Mechanics and Thermodynamics*, by H. GRAD. - *VI: Foundations of Probability Theory and Statistical Mechanics*, by E. T. JAYNES. - *VII: General Covariance in Electromagnetism*, by E. J. POST. - *VIII: Foundation Problems in General Relativity*, by P. HAVAS. - *IX: Relations of Quantum to Classical Physics*, by R. SCHILLER. - *X: Objectivity in Quantum Mechanics*, by H. MARGENAU and J. L. PARK. - *XI: Scope and Limits of Axiomatics*, by P. BERNAYS.

LUPASCO, ST. - **Qu'est-ce qu'une structure?** Un vol. in-8, de 114 pages. Christian Bourgois Editeur, Paris, 1967. Prix, broché, 15 F.

Après tant d'années d'un si vaste emploi, dans tous les domaines, et sans examen préalable, il était temps que la notion de structure fût attaquée de front, examinée directement en elle-même. C'est à Lupasco que revient le mérite d'en dégager, avec son contenu, ses conditions *sine qua non* de formation et d'existente, expérimentales et logiques — d'une logique neuve qui étonnera sinon bouleversera ses insouciants utilisateurs.

SOMMAIRE. - *I: Qu'est-ce qu'une structure? - II: Remarques sur la notion de potentialité. - III: De quelques mots clefs de la philosophie.*

MEIGNE, M. - **Structure de la matière.** Un vol. in-16 (de la collection *Initiation Philosophique*), de 96 pages. Presses Universitaires de France, Paris, 1963. Prix, broché, 5 F.

SOMMAIRE. - I. La discontinuité moléculaire. - II. La discontinuité atomique. *I: Composition et structure de l'atome.* - III. La discontinuité nucléaire. *I: Composition du noyau. - II: Structure du noyau. - III: Les particules élémentaires. - IV: Epistémologie physique. - V: L'universel.* - IV. Une monadologie scientifique. *I: Les niveaux du réel. - II: Nouvelle notion d'atome. - III: De la structure. - IV: Opposition et corrélation atome-structure.*

10

BOVET, M., GRÉCO, P., PAPERT, S. et VOYAT, G. - **Perception et notion du temps.** Un vol. in-8 (Vol. XXI des *Etudes d'Epistémologie Génétique*), de 186 pages, avec tableaux. Presses Universitaires de France, Paris, 1967. Prix, broché, 18 F.

Ce nouveau volume sur la psychologie et l'épistémologie du temps contient d'abord une étude de P. Gréco dont la technique présente le grand avantage de porter sur de longs parcours spatiaux réellement effectués par l'enfant, donc sur un temps vécu ne comportant comme indices imposés que ceux relatifs à l'ordre des instants de départ et d'arrivée: on constatera la richesse des résultats ainsi obtenus. Une étude de S. Papert et G. Voyat développe entre autres les conceptions du premier. Cet ouvrage contient enfin deux autres études expérimentales, l'une sur la perception des durées très brèves par G. Voyat et l'autre sur la perception du « tempo », ou vitesse des rythmes et fréquences, par M. Bovet.

(Suite 10)

SOMMAIRE. - Introduction, par J. PIAGET. - I. Comparaison « logique » de deux durées et jugements corrélatifs de distances et de vitesses chez l'enfant de 6 à 10 ans, par P. GRÉCO. *I: Description des épreuves. - II: Le premier stade et la prédominance des références spatiales. - III: Le deuxième stade: les références ordinales et les débuts d'une logique des jugements temporels. - IV: Le troisième stade et le modèle « canonique » des inférences temporelles. - V: Le quatrième stade et la relativité des vitesses et des distances. - VI: Conclusion proposée.* - II. Le temps et l'épistémologie génétique, par S. PAPERT et G. VOYAT. - III. Etude d'estimations temporelles, par G. VOYAT. - IV. Perception de la vitesse-fréquence ou du « tempo », par M. BOVET.

12

***. - **L'organizzazione aziendale.** Profilo critico e testi fondamentali. A cura di G. BILLIA e A. FABRIS. Presentazione di P. SARACENO. Un vol. in-8 (della collezione *Biblioteca di Economia Sociologia Organizzazione*, N. 39), di XVI-376 pagine. Etas-Kompass, Milano, 1967. Prezzo, rilegato, L. 5.000.

Con la presente opera gli Autori hanno inteso dare principalmente una rappresentazione rapida e sintetica del fenomeno organizzativo, sia come si presenta attualmente che nei lineamenti della sua dinamica passata e futura. L'evoluzione dei problemi dell'organizzazione aziendale è andata di pari passo con lo sviluppo tecnologico e scientifico e con il mutare delle situazioni in cui veniva attuandosi il fatto produttivo. Gli Autori delineano tale evoluzione mettendone in evidenza i nessi e presentano quindi una selezione di quindici saggi particolarmente significativi, dovuti complessivamente a 22 autori prevalentemente americani. Le applicazioni e le elaborazioni « operative », le ricerche e la rivalutazione degli aspetti « umani », la formulazione delle decisioni e l'azienda come « sistema integrato », costituiscono infatti gli argomenti attorno ai quali l'interesse ed il dibattito sono più vivi. In questa sede, la veste di antologia ed una brillante presentazione critica dei testi, tendono a semplificare il tipo di approccio ed a facilitare quindi una presa di coscienza di questi problemi sia da parte imprenditoriale che da parte degli studenti universitari.

***. - **Soviet Sociology.** Historical Antecedents and Current Appraisals. Edited with an Introduction by A. SIMIRENKO. A vol. in-8, of 384 pages. Routledge and Kegan Paul, London, 1967. Price, bound, sh. 50.

Despite its early and distinguished origins, sociology in the Soviet Union has only recently begun to emerge from the enforced dormancy of the Stalinist era. The century-long development of sociology in the Russian Empire was disrupted shortly after the 1917 Revolution, and it was not until 1956 that a revival of the distinct discipline began. Today there is a « new » sociology in Russia: the beginnings of empirical research, a greater and more honestly critical familiarity with Western studies, and freer expression by individual sociologists who attend international meetings more frequently. While its future as an objective science in the Soviet Union is still uncertain, sociology has made tremendous strides in the past two decades. In this important collection of articles and essays, Professor Simirenko surveys the growth, decline, and rebirth of Soviet sociology in historical context, and offers a hopeful appraisal of its prospects for significant work in the future. Among the distinguished contributors are Pitirim A. Sorokin, Isaac Deutscher, Samuel H. Baron, Herbert Marcuse, Leopold Labedz, Lewis Feuer, George Fischer, and Sheldon S. Wolin. Two examples of recent Soviet research studies are also included.

CONTENTS - *I: Introduction. - II: The Russian Empire. - III: The Stalin Era. - IV: The Post-Stalin Era. - V: Current Research and Problems.*

ALLEN, J. A. - **Scientific Innovation and Industrial Prosperity.** A vol. in-8, of X-144 pages, with 3 figures and V tables. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1967. Price, bound, Dfl. 20.

(Suite 12)

Innovation is defined as the introduction into widespread use of new products, new processes and new ways of doing things. It may be applied to many areas of human endeavour, to agriculture, industry, and medicine, and to a variety of intellectual, social, economic and political pursuits. This book is specially concerned with industrial innovation, which embraces a number of components (research, development, investment, construction, production and distribution), their interaction and collective management. Innovation is seen as the means of achieving the historian's idea of progress, while prosperity in the broadest sense is taken as the operational measure of progress.

CONTENTS. - *I: The Idea of Progress. - II: The Components of Innovation. - III: The Components of Prosperity. - IV: Research and Development. - V: The Management of Innovation. - VI: The Role of Government in Innovation.*

KELLY, L. G. - **Handbook of Numerical Methods and Applications.** A vol. in-8, of XIV-354 pages, with figures and tables. Addison-Wesley Publishing Company, London, 1967. Price, bound, sh. 135.

This volume is designed as a handbook and reference for engineers and scientists programming their own problems, and for programmers and computing center personnel working with scientists and engineers. It can also be used as a text when accompanied by appropriate lectures. The book provides a large number of practical applications of special interest, much of this material being available elsewhere only in books of an engineering nature. In addition, a large part of the coverage provided on numerical methods can be found only in many different books on numerical analysis. Topics in basic numerical methods are augmented by special topics of interest. References to other sources of material are provided in a bibliography as well as in the running text and at the end of chapters.

CONTENTS. - *I: Introduction. - II: Finite and Divided Differences. - III: Basic Interpolating and Approximating Polynomials. - IV: Differentiation and Integration. - V: Curve Fitting and Data Smoothing. - VI: Nonlinear Algebraic Equations. - VII: Matrix Algebra and Operations. - VIII: Linear Algebraic Equations. - IX: Eigenvalues and Eigenvectors. - X: Scaling of Matrices. - XI: Introduction to Complex Variables. - XII: Introduction to the Laplace Transform. - XIII: Difference Equations. - XIV: Ordinary Differential Equations. - XV: Transfer Function Computations. - XVI: Partial Differential Equations. - XVII: Harmonic Analysis. - XVIII: Special Functions and Integrals. - XIX: Sampled Data and Digital Filtering. - XX: Numerical Solution of Integral Equations. - XXI: Numerical Solution of Vibration Problems. - XXII: Padé Approximation to a Function. - XXIII: Gram-Schmidt Orthogonalization Procedure. - XXIV: Computer Methods of Functional Minimization. - XXV: Elementary Statistics.*

PINTO, R. et GRAWITZ, M. - **Méthodes des sciences sociales.** Deuxième Edition. Un vol. in-16 (des *Précis Dalloz*), de XII-934 pages. Librairie Dalloz, Paris, 1967. Prix, broché, 30 F.

SOMMAIRE. - I. Introduction à l'étude du droit et des sciences sociales. *I: Les éléments du milieu social. - II: La règle de droit. - III: La société politique et l'état.* - II. Les méthodes des sciences sociales. *I: Les diverses sciences sociales. - II: Aspects particuliers des problèmes de méthodes dans les sciences sociales. - III: La quantification et l'usage des mathématiques. - IV: Théorie et recherche dans les sciences sociales.* - III. Les techniques au service des sciences sociales. Titre I. Les techniques documentaires. *I: Les sources de documentation. - II: Les méthodes et techniques d'études de documents.* - Titre II. Les techniques vivantes. *I: Problèmes généraux. - II: Les techniques de rapports individuels. - III: Les techniques d'étude de collectivités et de groupes.*

13

CARLÀ, M. - **Cibernetica e teoria dell'informazione.** Un vol. in-8 (Vol. 7 della collelezione *Glossari di Lingua Contemporanea*), di 114 pagine. Armando Armando Editore, Roma, 1967. Prezzo, non rilegato, L. 1.200.

(Suite 13)

La formazione di un nuovo settore della conoscenza umana si realizza di solito attraverso una definizione dei fatti e fenomeni che costituiscono l'oggetto di studio e una generalizzazione di concetti e principî, lente e graduali, accompagnate dalla costruzione di un linguaggio specifico. Questo è al tempo stesso conseguenza della evoluzione del pensiero e causa o, per lo meno, fattore concomitante primario di essa, in quanto rappresenta il mezzo idoneo ad esprimere, e comunicare nel modo più aderente alle necessità, i risultati delle attività mentali. È un po' lo scopo a cui vorrebbe servire questo glossario che presenta al lettore l'aspetto linguistico, qual è al momento attuale, di un campo della scienza d'oggi, i cui orizzonti si modificano continuamente.

D'ARCY W. THOMPSON. - **On Growth and Form.** An Abridged Edition. Edited by J. T. BONNER. A vol. in-8, of XIV-346 pages, with 181 figures. Cambridge University Press, London, 1966. Price, unbound, sh. 15.

It is a book about the way things grow, and the shapes they take. Here a great man of science who was also a poet tells of the shape of horns, of teeth, of tusks; of jumping fleas and slipper limpets; of buds and seeds, bees' cells and drops of rain; of the potter's thumb and the spider's web; of cylinders and unduloids; of a film of soap and a bubble of oil; of the splash of a pebble in a pond. To bring this work to a wider readership, including those who cannot find time to study the complete work of over 1000 pages, Professor Bonner has made this abridgement. By omitting the less essential parts of the book and those which have been rendered out of date by recent research, and some of the large number of examples, it has been possible to present, in D'Arcy Thompson's own words, the core of the original book.

CONTENTS. - *I: Introductory.* - *II: On Magnitude.* - *III: The Forms of Cells.* - *IV: The Forms of Tissues, or Cell-Aggregates.* - *V: On Spicules and Spicular Skeletons.* - *VI: The Equiangular Spiral.* - *VII: The Shapes of Horns and of Teeth or Tusks.* - *VIII: On Form and Mechanical Efficiency.* - *IX: On the Theory of Transformations, or the Comparison of Related Forms.* - *X: Epilogue.*

14

***. - **Political Systems and the Distribution of Power.** A vol. in-8 (Vol. 2 of the Series *A.S.A. Monographs*), of XLII-142 pages. Tavistock Publications, London, 1965. Price, bound, sh. 30 net in U.K. only.

Modern political anthropology began in 1940 with the first systematic comparative studies of how primitive societies maintained law and order. The focus was on government and the presence or absence of state institutions. Recently, interest has shifted to the study of power, to examining the manipulation of political relations, and to the task of elaborating a classification of governmental systems that will throw light on the important problems for research. In this volume F. G. Bailey, using material from Indian village councils, contributes a paper that bears upon the fascinating question of how committees arrive at decisions; Ralph W. Nicholas draws upon the same country for his essay on the structure and operation of political factions. Peter C. Lloyd utilizes three models (of representative government, political association, and royal aristocracy) to tackle the problem of classifying African kingdoms, and Aidan Southall scrutinizes the typologies that have been advanced by other authors.

CONTENTS. - *I: Introduction*, by M. GLUCKMAN and F. EGGAN. - *II: Decisions by Consensus in Councils and Committees: with Special Reference to Village and Local Government in India*, by F. G. BAILEY. - *III: Factions: a Comparative Analysis*, by R. W. NICHOLAS. - *IV: The Political Structure of African Kingdoms: An Exploratory Model*, by P. C. LLOYD. - *V: A Critique of the Typology of States and Political Systems*, by A. SOUTHALL.

***. - **The City in Modern Africa.** Edited by H. MINER. A vol. in-8, of XII-364 pages, with tables. Pall Mall Press, London, 1967. Price, bound, sh. 60 in U.K. only.

(Suite 14)

The City in Modern Africa is the result of a conference on Methods aud Objectives of Urban Research in Africa, held in April 1965 under the sponsorship of the Joint Committee on African Studies of the American Council of Learned Societies and the Social Science Research Council. The purpose of the conference was to stimulate multi-disciplinary research on African cities—on which there has as yet been little written, in contrast to the considerable amount of work done in tribal and rural settings and on nations. Representatives of a wide range of social sciences took part in the conference: anthropologists, sociologists, economists, political scientists and psychologists, from the United States, Great Britain and Canada. But each of the contributors reveals a breadth and interest which passes beyond the normally-accepted frontiers of academic disciplines; indeed, the nature of the city and of modernisation would seem to encourage such interdisciplinary investigation. This book shows the way to future approaches to research on cities in Africa and elsewhere.

CONTENTS. - *I: The City and Modernisation: An Introduction*, by H. MINER. - *II: Comparative Analysis of Processes of Modernisation*, by D. LERNER. - *III: Motives and Methods: Reflections on a Study in Lagos*, by P. MARRIS. - *IV: Africa and the Theory of Optimum City Size*, by J. J. SPENGLER. - *V: Urbanisation and Economic Growth: The Cases of Two White Settler Territories*, by W. J. BARBER. - *VI: Structural Discontinuities in African Towns: Some Aspects of Racial Pluralism*, by L. KUPER. - *VII: The Political Structure of Urban-Centred African Communities*, by W. J. HANNA and J. L. HANNA. - *VIII: Bureaucracy and Urban Symbol Systems*, by L. TIGER. - *IX: Father-Child Relationships and Changing Life-Styles in Ibadan, Nigeria*, by R. A. LEVINE, N. H. KLEIN and C. R. OWEN. - *X: Environmental Change, Types of Descent, and Child Rearing Practices*, by R. CLIGNET. - *XI: Kampala-Mengo*, by A. SOUTHALL.

SHRYOCK, R. H. - **Medical Licensing in America, 1650-1965.** A vol. in-8, of XII-124 pages. The John Hopkins Press, Baltimore, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 5,00.

In this history of medical licensing in America, Dr. Shryock traces the development of standards for the practice of medicine which accompanied the evolution of medicine as a scientific discipline, and which was linked at every stage with the trends in medical education.

CONTENTS. - *I: Early Licensing and Subsequent Decadence, 1650-1875. - II: Medical Reform: Achievements and Limitations, 1875-1965. - III: Problems and Procedures in Licensing, 1900-1965. - IV: Conclusions.*

15

CALLOW, R. J. - **The Rare Earth Industry.** A vol. in-16, of VIII-84 pages, with 3 figures and II tables. Pergamon Press, Oxford, 1966. Sans indication de prix.

CONTENTS. - *I: The Development of an Industry. - II: The Elements Concerned and their Sources. - III: Recovery of the Elements from their Ores. - IV: Separation of Individual Lanthanon Elements. - V: The Industry's Products and their Uses. - VI: Some Miscellaneous Points of Interest.*

GUYOT, L. et GIBASSIER, P. - **Les noms des animaux terrestres.** Un vol. in-16 (de la collection « *Que sais-je* »?, N. 1250), de 128 pages. Presses Universitaires de France, Paris, 1967. Prix, broché, 3 F.

SOMMAIRE. - I. Les mammifères. - II. Monotrèmes et Marsupiaux. *I: Les Monotrèmes (ornithorynque, échidnés). - II: Les Marsupiaux (kangourou, sarigue).* - III. Placentaires. *I: Les carnivores. - II: Les insectivores (hérisson, taupe, musaraigne). - III: Les herbivores. - IV: Les rongeurs. - V: Les edentés (fourmilier, paresseux, tatou, pangolin). - VI: Les primates.*

Le format de tous les livres annoncés ci-dessous est indiqué d'une façon uniforme, d'après le système adopté par la Bibliothèque Centrale Nationale de Florence et beaucoup d'autres Bibliothèques. Sont indiqués *in-folio* les volumes de plus de 38 centimètres de hauteur; *in-4* les volumes de 28 à 38 centimètres; *in-8* ceux de 20 à 28 centimètres; *in-16* ceux de 15 à 20 centimètres; *in-24* ceux de 10 à 15 centimètres; *in-32* les volumes qui ne dépassent pas les 10 centimètres de hauteur.

Libri ricevuti - Ouvrages reçus - Books received
Eingelaufene Werke - Libros recibidos

Les ouvrages qu'on nous adresse sont d'abord mentionnés ici, en dehors des comptes rendus dont ils peuvent être l'objet dans la suite.

Les ouvrages se succèdent dans l'ordre de la numération des groupes de matières énumérées ci-dessous:

1

Mathématiques
Calcul infinitésimal
Algèbre
Géométrie
Mécanique rationnelle et supérieure
Mécanique appliquée
Mathématiques appliquées et calcul numérique
Science des constructions
Calcul des probabilités

2

Astronomie
Astrophysique
Sciences spatiales
Cosmologie
Physique du plasma

3

Physique
Thermodynamique
Hydraulique
Optique
Acoustique
Electrologie
Electronique
Physique nucléaire et subnucléaire
Relativité
Théorie des quanta
Structure de la matière

4

Chimie générale
Chimie minérale
Chimie organique
Chimie structurale
Electrochimie
Chimie physique

5

Minéralogie
Géologie
Cristallographie
Géomorphologie
Géographie
Géodesie
Géophysique
Océanographie
Glacéologie
Vulcanologie
Séismologie
Météorologie
Climatologie
Ecologie
Paléontologie

6

Botanique
Zoologie
Entomologie
Microbiologie
Anthropologie
Embryologie
Anatomie humaine
Anatomie comparée
Histologie
Histochimie
Histophysique

7

Génétique
Théorie de l'évolution
Biologie
Biochimie
Biophysique
Biogéographie
Bionique

8

Physiologie
Electrophysiologie
Neurophysiologie

Pathologie humaine
Pathologie végétale
Pathologie animale

9

Philosophie
Logique
Philosophie de la science

10

Psychologie animale
Psychologie humaine
Psychopathologie
Psychanalyse

11

Ethnologie
Civilisations primitives
Linguistique

12

Sociologie
Droit
Economie
Statistique

13

Cybernétique
Biométrie
Théorie de l'information

14

Histoire de la philosophie
Histoire des sciences
Histoire des mathématiques
Histoire des religions
Histoire des civilisations

15

Epistémologie
Culture encyclopédique

1

BOUTELOUP, J. - **L'algèbre linéaire.** Un vol. in-16 (de la collection « *Que sais-je* »?, N. 1251), de 128 pages. Presses Universitaires de France, Paris, 1967. Prix, broché, 3 F.

SOMMAIRE. - *I: Espaces vectoriels. - II: Applications linéaires. - III: Matrices. - IV: Formes multilinéaires. Déterminants. - V: Espaces euclidiens et hermitiens. - VI: Diagonalisation et triangulation des matrices. - VII: Fonctions de matrices.*

DELACHET, A. - **Le calcul vectoriel.** Quatrième édition refondue. Un vol. in-16 (de la collection « *Que sais-je* »?, N. 418), de 128 pages, avec figures. Presses Universitaires de France, Paris, 1967. Prix, broché, 3 F.

SOMMAIRE. - Première Partie: Algèbre vectorielle. - I. Les vecteurs libres. *I: Orientation de l'espace. - II: Définition des vecteurs. - III: Opérations vectorielles. - IV: Les applications de la méthode vectorielle.* - II. Les vecteurs glissants. *I: Glisseurs. - II: Torseurs. - III: Systèmes de glisseurs particuliers. - IV: Applications à la statique du corps solide.* - Deuxième Partie: Analyse vectorielle. - I. Les fonctions vectorielles de variables scalaires. *I: Définitions, limites, continuité. - II: Dérivée d'une fonction vectorielle de variable scalaire. - III: Intégration vectorielle. - IV: Applications à l'étude des courbes gauches et à la cinématique du point. - V: Applications à la cinématique du corps solide. - VI: Applications à l'étude des surfaces.* - II. Les champs de vecteurs. *I: Opérateurs différentiels. - II: Transformation de certaines intégrales multiples.*

DITKIN, V. A. et PRUDNIKOV, A. P. - **Formulaire pour le calcul opérationnel.** Traduction du russe par G. CARVALLO. Un vol. in-8, de 472 pages. Masson & C.ie, Editeurs, Paris, 1967. Prix, cartonné toile, 65 F.

Ce formulaire présente des tableaux de la transformation intégrale directe et inverse de Laplace-Carson. On sait l'utilité de la transformation de Laplace dans la résolution des problèmes concrets, et son rôle fondamental, notamment en électricité. Les tableaux de formules de la transformation intégrale de Laplace-Carson ont un domaine d'application très étendu: mathématiques, physique, mécanique, électronique, etc. Les tableaux fondamentaux de Calcul opérationnel présentés sont précédés d'une liste de notations des fonctions spéciales et de quelques constantes. Les notations de ces fonctions sont établies par ordre alphabétique, en commençant par les lettres latines, puis par les lettres grecques. Pour la commodité d'utilisation du formulaire, la classification des formules est faite aussi bien sous la forme *originale* que sous la forme *représentative*. Le contenu des tableaux de formules est explicité par une table des matières détaillée.

SOMMAIRE. - *I: Transformation de Laplace-Carson. - II: Formules d'inversion de la transformation de Laplace-Carson. - III: Transformation bi-dimensionnelle de Laplace-Carson. - IV: Formules d'inversion de la transformation bi-dimensionnelle de Laplace-Carson.*

GAUSS, C.-F. - **Recherches générales sur les surfaces courbes.** Traduites en français. Suivies de notes et d'études sur divers points de la théorie des surfaces et sur certaines classes de courbes, par E. ROGER. Nouveau tirage. Un vol. in-8, de 160 pages. Librairie Albert Blanchard, Paris, 1967. Prix, broché, 18 F.

Ce Mémoire, comparé à celui déjà publié sous le même titre, offre quelques différences essentielles. En premier lieu, on a développé quelques vues nouvelles sur la courbure des surfaces. Ensuite on a abordé et résolu, à l'aide d'un système particulier de coordonnées curvilignes, diverses questions de physique mathématique et de géométrie pure que présentent, quand on a recours à d'autres méthodes de calcul, des difficultés presque insurmontables.

(Suite 1)

LEFORT, G. - **Mathématiques pour les sciences biologiques et agronomiques. Exercices.** Un vol. in-8 (de la *Collection U*, Série « Mathématiques »), de 256 pages. Librairie Armand Colin, Paris, 1967. Sans indication de prix.

Les exercices de cet ouvrage portent sur le programme des premiers cycles CB et BG et des classes de préparation du type C et sont des applications simples du cours. L'étude de ces exercices doit faciliter au lecteur l'assimilation des résultats théoriques et lui apprendre à les utiliser; le morcellement du recueil en de nombreux chapitres permet de trouver rapidement les exercices correspondant à une question particulière et de traiter ces exercices dès que cette question a été apprise. Cet ouvrage est le complément du livre de cours paru dans la même collection sous le même titre: *Mathématiques pour les sciences biologiques et agronomiques*. Chaque chapitre correspond à un chapitre du livre de cours et comprend: 1) un rappel des principaux résultats du chapitre; 2) des textes d'exercices correspondant à la matière du chapitre; 3) des indications sur les solutions des exercices donnant la marche à suivre et permettant la vérification des résultats obtenus.

TURC, A. - **Introduction élémentaire à la Géométrie Lobatschewskienne.** Nouveau tirage. Avant Propos de J. ITARD. Un vol. in-8, de 170 pages, avec 78 figures. Librairie Scientifique et Technique Albert Blanchard, Paris, 1967. Prix, broché, 15 F.

SOMMAIRE. - *I: L'espace lobatschewskien. La géométrie lobatschewskienne. - II: Des lignes trigonométriques hyperboliques. - III: Théorie de M. Gérard. Relation fondamentale entre les côtés et l'un des angles d'un triangle. - IV: Formules relatives aux triangles quelconques. Formules relatives aux triangles rectangles. - V: Des parallèles et de l'angle de parallélisme. De l'horicycle et de l'unité naturelle de longueur. De l'hypercycle. - VI: Des quadrilatères trirectangles. Constructions géométriques élémentaires. - VII: Limite de la géométrie lobatschewskienne. De la non existence de la similitude. Des aires planes. Limites des aires planes. - VIII: Surfaces des corps ronds. Théorème sur les intégrales correspondantes aux volumes. Volumes des corps ronds. Limites des surfaces et des volumes des corps ronds. Conclusion.*

2

***. - **The Solar Wind.** Proceedings of a Conference held at The California Institute of Technology, Pasadena, California, U.S.A., April 1-4, 1964 and sponsored by the Jet Propulsion Laboratory. Edited by R. J. MACKIN, JR. and M. NEUGEBAUER. Foreword by S. CHAPMAN. A vol. in-8, of XXX-420 pages, with many figures and tables. Pergamon Press, Oxford, 1966. Price, bound, Lgs. 6.

The Solar Wind deals with the supersonic plasma which originates in the very hot solar atmosphere and blows out through the solar system to create remarkable effects at great distances from the Sun. The book contains the proceedings of an international conference which brought together experts in many scientific fields. Among the topics discussed were collisionless shocks and fluid flow; the Earth's and Moon's magnetospheres; solar flares; high-energy particles in the galaxy, in interplanetary space, and in the Van Allen belts; interplanetary magnetic fields; magnetic storms; and comets. Several of the papers include results or theories not published elsewhere. Various areas of agreement and contest were sharply outlined in the freewheeling discussions between solar and plasma physicists, radio astronomers, aerodynamicists and others. All essential features of these discussions, including much of their colloquial flavor, have been faithfully preserved. The result is more than just a snapshot of one scientific area at one instant of time — the candid comments, opinions, and suggestions for future work give strong clues to the course of developments over the next several years. Indeed, the seeds of numerous research problems in this rapidly evolving field can be found throughout the book. The experimental data presented in this book give it an especial lasting value. For instance, it contains the most complete collected presentation of the interplanetary data gathered by the Mariner 2 Venus spacecraft. It also contains early data from the IMP-1 (Explorer 18) satellite, which gave the first clear experimental picture of the tur-

(Suite 2)

bulent region created upstream of the Earth's magnetosphere by the solar wind. Together, these data give a picture of solar-wind phenomena, during the few years before a solar-activity minimum, that cannot be duplicated for another decade.

ABETTI, G. e HACK, M. - **Le nebulose e gli universi-isole.** Nuova edizione aggiornata e ampliata. Un vol. in-8 (della collezione *Biblioteca di Cultura Scientifica*), di XVI-386 pagine, con 119 figure e XI tabelle. Paolo Boringhieri, Torino, 1968. Prezzo, non rilegato, L. 4.000.

Nella moltitudine e varietà di oggetti che popolano il cielo stellato, quelli noti col nome generico di « nebulose » sono fra i più affascinanti. Dopo un breve cenno storico, nel presente volume viene esposto lo stato delle nostre conoscenze su questi interessanti sistemi, in alcuni dei quali si crede di assistere alla nascita delle stelle. La presente edizione di questo testo ormai classico tiene conto dei numerosi sviluppi avutisi negli ultimi otto anni. In particolare, la trattazione delle galassie esterne e quella relativa alle origini dell'Universo sono state ampiamente rielaborate sulla base delle più recenti scoperte, come quelle delle quasar e delle galassie quasi-stellari, in larga misura dovute ai progressi della radioastronomia.

SOMMARIO. - *I: Le nebulose. - II: Metodi di osservazione per l'analisi spettrale delle nebulose. - III: Le nebulose planetarie. - IV: Nebulose luminose irregolari. - V: Nebulose oscure irregolari e materia interstellare. - VI: La Galassia. - VII: Le galassie esterne. - VIII: Origine ed evoluzione dell'universo.*

SHKLOVSKII, I. S. and SAGAN, C. - **Intelligent Life in the Universe.** Being a translation, extension, and revision of I. S. SHKLOVSKII's Vselennaia, Zhizn, Razum. Authorized translation by P. FERN. A vol. in-8, of XVI-510 pages, with many figures and tables. Holden-Day, Inc., San Francisco, 1966. Price, bound, Doll. U.S.A. 10,95.

This book, the product of a unique international collaboration between a world famous Russian astronomer and a leading American space scientist, is the first popular and accurate modern discussion of the entire panorama of natural evolution — including the origins of the universe, the evolution of stars and planets, the beginnings of life on earth, and the development of intelligence and technical civilizations among galactic communities. Included is a great deal of new material, some never before published in any form and some previously available only in technical journals inaccessible to the general reader. While the book contains in small print technical material of interest to the specialist, it is written primarily for the intelligent layman. Where necessary, details have been included in a non-technical way so that the popular reader can critically judge the train of argument. While acknowledgedly speculative in many places — for example, in the detailed discussions of interstellar contact — *Intelligent Life in the Universe* is an outstanding summary of the present state of scientific knowledge and philosophical interest in these arresting areas of contemporary research.

3

***. - **Ferroelectricity.** Proceedings of the Symposium on Ferroelectricity General Motors Research Laboratories, Warren, Michigan, 1966. Edited by E. F. WELLER. A vol. in-8, of XIV-318 pages. with 97 figures and XXXIV tables. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1967. Price, bound, Dfl. 80.

These proceedings include the papers presented at the Symposium on Ferroelectricity held at the General Motors Research Laboratories in Warren, Michigan, in September 1966. It is the purpose of these Symposia to promote interchange of current knowledge between specialists from many disciplines representing both academic and industrial institutions. The 1966 symposium re-evaluated the field of ferroelectrics. While there have been numerous solid state physics conferences, none in the past decade have been specifically devoted to ferroelectricity except the First International Meeting

(Suite 3)

on Ferroelectricity held in Prague, Czechoslovakia in 1966. Accordingly, papers were suggested in three areas, Theory of Ferroelectricity and Electron Structure, Lattice Dynamics, and Ferroelectric and Dielectric Properties and Materials. Other papers present a cross-section in ferroelectrics such as electro-optic, light scattering, and infrared dielectric behavior, all in single crystals. Of interest to: Physicists, physical and theoretical chemists, materials scientists and electronic engineers.

CONTENTS. - *I: Theory of Ferroelectricity and Electronic Structure. - II: Lattice Dynamics. - III: Ferroelectric and Dielectric Properties and Materials. - IV: Symposium Summary. - V: Appendices.*

***. - **Landolt-Börnstein.** Zahlenwerte und Funktionen aus Naturwissenschaften und Technik. **Neue Serie.** Gesamtherausgabe: K.-H. HELLWEGE. **Gruppe I: Kernphysik und Kerntechnik. Band 2: Kernradien.** Von H. R. COLLARD, L. R. B. ELTON und R. HOFSTADTER. Herausgeber: H. SCHOPPER. Ein Band in-4, von VIII-54 Seiten, mit 4 Figuren. Springer-Verlag, Berlin, 1967. Preis, geb., DM. 38.

INHALT. - I. Ladungsverteilung der Kerne (nicht aus Elektronenstreuung), von L. R. B. ELTON. *I: Erläuterungen und Definitionen. - II: Energieniveaus der μ-Meson-Atome für sphärische Kerne. - III: Benachbarte Nuklide. - IV: Deformierte Kerne. - V: Radien von Isomeren.* - II. Kernradien aus Elektronenstreuung, von R. HOFSTADTER und H. R. COLLARD. *I: Radien der Verteilung der elektrischen Ladung. - II: Radien der Verteilung des magnetischen Moments.*

***. - **Landolt-Börnstein.** Zahlenwerte und Funktionen aus Naturwissenschaften und Technik. **Neue Serie.** Gesamtherausgabe: K.-H. HELLWEGE. **Gruppe II: Atom- und Molekularphysik. Band 5: Molekularakustik.** Von W. SCHAAFFS. Herausgeber: K.-H. HELLWEGE und A. M. HELLWEGE. Ein Band in-4, von XII-286 Seiten, mit 321 Abbildungen. Springer-Verlag, Berlin, 1967. Preis, geb,. DM. 156.

INHALT. - *I: Einführung. - II: Schallgeschwindigkeit in Gasen und Flüssigkeiten. - III: Schallabsorption und -dispersion in Gasen und Flüssigkeiten. - IV: Schallfortpflanzung in flüssigem Helium. - V: Schallfortpflanzung in isotropen oder quasiisotropen festen Stoffen. - VI: Stosswellengeschwindigkeit.*

***. - **Landolt-Börnstein.** Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik. Sechste Auflage. IV. BAND: **Technik.** 4. TEIL: **Wärmetechnik.** BANDTEIL A: **Wärmetechnische Messverfahren Thermodynamische Eigenschaften Homogener Stoffe.** Herausgegeben von H. HAUSEN. Ein Band in-4, von XII-944 Seiten, mit 283 Abbildungen. Springer-Verlag, Berlin, 1967. Preis, geb., DM. 510.

INHALT. - I. Wärmetechnische Messverfahren.. *I: Grundlagen der Temperaturmessung. - II: Temperaturmessung mit Berührungsthermometern*, von J. OTTO und W. THOMAS. - *III: Optische Temperaturmessung (Pyrometrie)*, von C. TINGWALDT und H. KUNZ. - II. Hygrometrie, von H. EBERT. - III. Thermodynamische Eigenschaften von Gasen, Dämpfen, Flüssigkeiten und festen Stoffen. *IV: Einleitung*, von J. OTTO und W. THOMAS. - *V: Thermodynamische Eigenschaften von Gasen*, von J. OTTO und W. THOMAS. - *VI: Thermodynamische Eigenschaften von Wasser und Wasserdampf*, von E. SCHMIDT. - *VII: Thermodynamische Eigenschaften von Flüssigkeiten*, von H. HAUSEN und H. WESTPHELY. - *VIII: Thermodynamische Eigenscaften von Kältemitteln*, von H. STEINLE und W. DIENEMANN. - *IX: Wärmeausdehnung fester und flüssiger technischer Stoffe*, von H. EBERT. - *X: Spezifische Wärmen fester und flüssiger technisch wichtiger Stoffe*, von H. POLTZ.

***. - **Phonons et hypersons.** Colloque de la Société Française de Physique (Mars-Avril 1966). Un vol. in-8, de 176 pages, avec nombreuses figures et tableaux. Presses Universitaires de France, Paris, 1967. Prix, broché, 35 F.

(Suite 3)

Ce colloque a été organisé à Grenoble à la demande et sous l'égide de la Société Française de Physique. Le sujet, de plus en plus actuel, s'étend à des domaines très variés: isolants, magnétiques ou non, semiconducteurs, métaux, supraconducteurs, etc.; les phonons sont d'ailleurs les seules excitations communes à toutes les espèces de solides. Beaucoup plus que sur les techniques mathématiques de calcul des spectres de vibrations, l'accent a été mis sur la *physique* des phonons et ses relations avec les autres branches de la physique: optique, magnétisme, phénomènes de transport, etc.

ANDERS, H. - **Thin Films in Optics.** A vol. in-8, of 184 pages, with 94 figures and III plates. The Focal Press, London, 1967. Price, bound, Lgs. 5.5.0.

Starting with the theory of the reflection of light at a surface, Dr. Anders deduces the consequences of reflection at a single layer, at double layers etc., describes the results of measurements on films and instrumental applications, and concludes with a survey of the different methods of producing thin films. The mathematical formulae set out at the beginning suffice to make the book self-contained in this regard. Introduction of the Fresnel coefficients then permits the author to develop the theory of the single, double, triple and multilayer homogeneous films for absorbing and non-absorbing materials. The consequences of light incident obliquely on a film, the polarization effects, total internal reflection and frustrated total reflection are treated. A description of films designed to produce phase changes in light beams concludes the theoretical treatment of homogeneous films. Solutions for two simple cases of inhomogeneous, non-absorbing films are obtained and the reasons for applying inhomogeneous films despite the practical complication are given. In part two a comprehensive description of the principal applications guides one to an appreciation of the interplay between the theory and the limitations imposed jointly by techniques and by the properties of materials in the thin film state. Characteristics of thin films used for anti-reflection coatings, beamsplitters, mirrors and optical filters are reproduced and miscellaneous applications discussed. In the account of thin film production given in part three most space is devoted to vacuum technology. Brief notes on the kinetic theory of gases, vacuum technology, electrical discharge at low pressures and substrate cleaning procedures provide an introduction to the methods of cathodic sputtering and high vacuum deposition. There are more than 90 illustrations and colour plates. This book covers every aspect of thin film applications in optics. It well well serve optical engineers and designers, lecturers, physicists, and students alike.

BOHR, N. - **Atomphysik und menschliche Erkenntnis II.** Aufsätze und Vorträge aus den Jahren 1958-1962. Ein Band in-8, von VIII-102 Seiten. Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1966. Preis, geh., DM. 12,80.

Die Kenntnis des Aufbaus der Materie hat in unserem Jahrhundert eine unerwartete Anwendbarkeitsgrenze der Vorstellungswelt der klassischen Physik aufgezeigt und dadurch die in die traditionelle Philosophie übernommenen Forderungen an wissenschaftliche Erklärung in neues Licht gerückt. Die Untersuchung der Voraussetzungen für eine eindeutige Anwendung unserer elementarsten Begriffe, die die einheitliche Theorie des Atomphänomens notwending gemacht hat, weist daher weit über den Rahmen der physikalischen Wissenschaft hinaus. Niels Bohr gibt in diesem Buch, an dem er bis zuletzt arbeitete, auf diese Fragen eine Antwort. Mit seinen Gedankengängen müssen wir uns auseinandersetzen.

INHALT. - *I: Atomphysik und Philosophie. Kausalität und Komplementarität. - II: Die Einheit menschlicher Erkenntnis. - III: Die Verbindung zwischen den Wissenschaften. - IV: Licht und Leben - noch einmal. - V: Rutherford-Gedenkvorlesung 1958: Erinnerungen an den Begründer der Kernphysik und an die von seinem Werk ausgehende Entwicklung. - VI: Die Entstehung der Quantenmechanik. - VII: Die Solvay-Konferenzen und die Entwicklung der Atomphysik.*

D'ANS-LAX. - **Taschenbuch für Chemiker und Physiker.** Dritte, völlig neu bearbeitete Auflage. **Band I: Makroskopische physikalisch-chemische Eigenschaften.** Herausgegeben von E. LAX unter Mitarbeit von CL. SYNOWIETZ. Ein Band in-8, von XVI-1522 Seiten. Springer-Verlag, Berlin, 1967. Preis, geb., DM. 68.

(Suite 3)

INHALT. - I. Masssysteme und messtechnische Daten. *I: Masssysteme. - II: Messtechnische Daten. - III: Grundkonstanten.* - II. Zusammenfassende Tabellen. *I: Elemente. - II: Anorganische Verbindungen. - III: Minerale und mineralische Rohstoffe,* von S. KORITNIG. - *IV: Zusammenfassende Tabellen mit mechanisch-kalorischen Daten für wichtige Werkstoffe.* - III. Mechanisch-thermische Konstanten homogener Stoffe. *I: Dichte, Ausdehnung, Kompressibilität und Festigkeitseigenschaften fester Stoffe. - II: Dichte, Ausdehnung und Kompressibilität von reinen Flüssigkeiten. - III: Dichte, Ausdehnung und Kompressibilität von Gasen. - IV: Gleichgewichtskonstanten.* - IV. Mechanisch-thermische Konstanten für das Gleichgewicht heterogener Systeme. *I: Einstoffsysteme. - II: Mehrstoffsysteme.* - V. Grenzflächen. *I: Grenzflächenspannung γ von Flüssigkeiten gegen den eigenen Dampf oder Luft (Oberflächenspannung). - II: Grenzflächenspannung von Flüssigkeiten gegeneinander. - III: Parachore. - IV: Grenzflächenfilme auf Wasser. - V: Adsorption.* - VI. Kalorische Daten. *I: Wärmekapazität. - II: Thermodynamische Funktionen (Einzelwerte). - III: Thermodynamische Zustandsgrössen. - IV: Joule-Thomson-Effekt. - V: Tabellen zur Berechnung thermodynamischer Funktionen für Gase und Festkörper.* - VII. Dynamische Konstanten. *I: Viskosität. - II: Diffusion. - III: Wärmeleitfähigkeit. - IV: Effekte in ungleich temperierten Systemen. - V: Reaktionsgeschwindingkeiten. - VI: Quantenausbeute. - VII: Reaktionsgeschwindigkeiten in Gasen.*

DUVAL, Cl. - **Electronical English Reader.** Cours de 2e année. Préface de P. AIGRAIN. Un vol. in-8, de VIII-106 pages. Presses Universitaires de France, Paris, 1967. Prix, broché 12 F.

Ce livre s'adresse à des élèves d'I.U.T. d'électronique, c'est-à-dire que l'enseignement correspondant s'intègre dans une formule pédagogique totalement nouvelle en France et qui permet de préparer à une profession de cadre moyen en deux ans des bacheliers ou des jeunes de niveau équivalent.

SOMMAIRE. - *I: Mathématiques. - II: La chimie. - III: Atomistique. - IV: Le courant continu. - V: Magnétisme. - VI: Le courant alternatif. - VII: Petits appareils. - VIII: Gros appareils. - IX: Ondes Hertziennes. - X et XI: Tube, lampe, valve. - XII et XIII: L'antenne, l'aérien. - XIV: Emission. - XV: Réception. - XVI et XVII: Télévision. - XVIII et XIX: Radar. - XX, XXI, XXII et XXIII: Energie nucléaire. - XXIV et XXV: Applications diverses.*

EDEN, R. J. - **High Energy Collisions of Elementary Particles.** A vol. in-8, of XII-298 pages, with figures. Cambridge University Press, London, 1967. Price, bound, sh. 55 net in U.K.

This account of high energy collisions of elementary particles that interact strongly is designed to serve both as an introduction to the subject and as a guide to the present position of research on problems and experiments on which progress can be expected in the next few years. It is intended primarily for graduate students and for more senior physicists who are interested in recent developments in the field; parts of it could also be read by a good final year undergraduate with the necessary background in quantum theory and elementary particle physics. The first three chapters survey the types of experiments that are made on high energy collisions and the kinds of theoretical approach to their interpretation, and describe a number of standard techniques. Analytic properties of collision amplitudes are then introduced and from them the Regge theory of high energy collisions is developed; the elementary parts of this theory are given in detail, and there is a survey and discussion of its more complicated aspects. There are then three chapters concerned with rigorous theoretical results; these are followed by two chapters dealing with phenomenology and the experimental comparison of theoretical models.

CONTENTS. - *I: Introduction. - II: Experimental Survey. - III: Theoretical Background. - IV: Analytic Properties of Collision Amplitudes. - V: Complex Angular Momentum and Regge Theory. - VI: Asymptotic Bounds on the Behaviour of Cross-Sections. - VII: Crossing Symmetry and Analyticity in the Energy. - VIII: Asymptotic Relations between Cross-Sections. - IX: The Experimental Study of Regg Theory. - X: Special Models for Hadron Collisions.*

(Suite 3)

EYRAUD, L. - **Diélectriques solides anisotropes et ferroélectricité.** Un vol. in-8, de VIII-184 pages, avec figures. Gauthier-Villars, Paris, 1967. Prix, broché, 29 F.

Cet ouvrage constitue une introduction à l'étude des diélectriques anisotropes ayant fait l'objet d'un enseignement de 3e Cycle à la Faculté des Sciences de Lyon (spécialité Chimie appliquée) et d'un cours de Physique des matériaux à l'Institut National des Sciences Appliquées. L'auteur a présenté quelques problèmes relatifs aux diélectriques solides en général. Leur connaissance est nécessaire à la compréhension des phénomènes piézoélectriques. Les chapitres VII et VIII traitent brièvement des techniques de micro-analyse thermique différentielle. La détermination précise des variations d'enthalpie d'un matériau subissant une transformation de phase est un des problèmes importants de la Physique du solide. L'auteur a essayé d'en montrer l'intérêt tout en restant dans le cadre d'un manuel d'initiation. Le niveau mathématique est peu élevé et ne dépasse pas celui d'un bon élève de Mathématiques Spéciales. Cependant, une bonne connaissance de l'électrostatique et des principes de la thermodynamique est indispensable au lecteur.

SOMMAIRE. - *I: Généralités et définition des grandeurs fondamentales. - II: Constante diélectrique et polarisation.* - Annexe au Chapitre *II: Calcul de la permittivité diélectrique moyenne d'un mélange en fonction de la concentration volumique. - III: Etude thermodynamique de la polarisation des diélectriques réels. - IV: Théorie des déformations élastiques et des contraintes dans les solides anisotropes. - V: Piézoélectricité. - VI: Ferroélectricité. - VII: La « chaleur de transition » dans une transformation réversible solide-solide. - VIII: Etude théorique de la chaleur de transition dans la transformation ferro-paraélectrique de* $BaTiO_3$.

FRANÇON, M. - **Physique CB-BG.** Première année. Un vol. in-8, de 314 pages, avec 410 figures. Masson & C.ie, Editeurs, Paris, 1967. Prix, cartonné toile, 38 F.

Ce cours de physique est destiné aux étudiants du premier cycle Chimie-biologie et Biologie-géologie. Toutefois il peut être consulté par les étudiants du certificat préparatoire aux études médicales et par tous les étudiants qui ont besoin d'acquérir quelques connaissances en physique sans que cette science soit leur spécialité. Au lieu d'exposer les phénomènes d'interférences à l'aide de l'expérience d'Young, comme on le fait traditionnellement, l'auteur a préféré prendre l'exemple de l'interféromètre de Michelson. Les explications sont tout aussi simples et on a les éléments nécessaires pour la description de l'expérience Michelson-Morlay dans le chapitre sur la relativité. Les phénomènes de diffraction ont été présentés de façon que l'étudiant puisse comprendre le fonctionnement du microscope optique sous l'aspect « optique physique ». La comparaison entre le microscope optique et le microscope électronique en est ainsi rendue plus simple. Comme le programme le prévoit, quelques notions ont été introduites sur les électrons dans les cristaux et il a paru plus utile de présenter les montages concernant l'amplification et la production d'oscillations, à l'aide des transistors, en abandonnant les tubes électroniques. Certaines questions qui débordent le programme, comme par exemple l'holographie ou le laser, ont été esquissées; car l'auteur n'a pas voulu rédiger un cours de physique sans indiquer ici et là des réalisations modernes susceptibles d'intéresser l'étudiant.

GUILLIEN, R. - **Problèmes d'électronique.** À l'usage des ingénieurs et chercheurs, des étudiants des facultés et des grandes écoles. Troisième Edition revue et augmentée. Un vol. in-8, de 600 pages, avec 587 figures, schémas et diagrammes. Editions Eyrolles, Paris, 1967. Prix, relié, 97,83 F.

Le développement incessant de l'électronique oblige les ingénieurs après leur sortes des grandes Ecoles à se tenir constamment au courant de ses progrès par la lecture dei périodiques spécialisés. Toutefois, cela ne suffit plus et des « recyclages » fréquents sont devenus nécessaires. Les connaissances nouvellement acquises seront d'autant mieux assimilées par eux, comme par les étudiants des Facultés, que des problèmes avec solutions permettent aux intéressés de contrôler qu'ils ont bien compris. La nouvelle édition de ce livre diffère des deux précédentes, non seulement parce qu'elle est complétée mais aussi en ce que la structure des chapitres a été modifiée pour en augmenter la clarté. On a particulièrement amplifié le nombre des problèmes concernant les semiconducteurs

(Suite 3)

ou des dispositifs qui les utilisent (et en particulier des transistors). Deux nouveaux chapitres sur la théorie de l'information et sur la logique ont été ajoutés. Des 396 problèmes, 79 ont été donnés aux Certificats d'Etudes Supérieures.

SOMMAIRE. - *I: Méthodes de calcul. - II: Eléments passifs. - III: Eléments actifs. - IV: Applications des éléments actifs aux éléments passifs. Les grandes fonctions électroniques.*

KAUZMANN, W. - **Thermodynamics and Statistics: With Applications to Gases.** A vol. in-8 (*Thermal Properties of Matter*, Volume II), of XII-328 pages, with figures and tables. W. A. Benjamin, Inc., New York, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 8,50.

This introductory text in thermodynamics and statistical mechanics is intended for the third-year undergraduate introductory physical chemistry course. It develops simultaneously the macroscopic concepts of thermodynamics and their molecular basis in statistics. Molecular interpretation in the form of statistical mechanics clarifies the concepts of thermodynamics, adds to student interest, and strengthens the logical development of the subject. Many examples are discussed which, along with graded exercises and problems, develop an ability to use thermodynamics in real situations. Differential calculus is reviewed and partial derivatives and line integrals are presented in the first chapter.

CONTENTS. - *I: Mathematical Background for Thermodynamics. - II: The First Law of Thermodynamics. - III: The Second Law of Thermodynamics. - IV: The Molecular Interpretation of Entropy. - V: The Free Energies and their Application to Chemical Reactions Involving Gases.*

MARCH, N. H., YOUNG, W. H. and SAMPANTHAR, S. - **The Many-Body Problem in Quantum Mechanics.** A vol. in-8, of XII-460 pages, with figures. Cambridge University Press, London, 1967. Price, bound, sh. 90 net in U.K.

In many applications of the quantum theory it is not sufficient to consider each particle in isolation but it is necessary to take account of the interactions between all the particles forming the aggregate. Usually only approximate solutions are feasible. The purpose of this book is to present, as simply as possible in what is intrinsically a difficult subject, a detailed account of the more important methods which have been worked out for tackling problems involving the interactions of many bodies. The book aims to introduce graduate students to the concepts, language and techniques used by research workers in their papers on the subject. The authors give rather fuller explanations and go into greater detail than do other books at this level, while, at the same time, treating a wider range of topics and systems.

CONTENTS. - *I: Single-Particle Approximations. - II: Atoms and Molecules. - III: Second Quantization. - IV: Many-Body Perturbation Theory. - V: Fermi Fluids. - VI: Nuclear Matter. - VII: Superconductivity. - VIII: Many-Boson Systems. - IX: Grand Partition Functions. - X: Green Functions.*

MATHERON, G. - **Eléments pour une théorie des milieux poreux.** Un vol. in-8, de 166 pages. Masson & C.ie, Editeurs, Paris, 1967. Prix, broché, 38 F.

Cet ouvrage est consacré à l'analyse théorique de deux notions d'origine expérimentale qui jouent un rôle majeur dans l'étude des milieux poreux: celles de granulométrie et de perméabilité. La première partie, consacrée à la géométrie des milieux poreux, expose tout d'abord une conception purement géométrique de la granulométrie, conception indépendante de la notion de grains individualisables, et applicable aux pores aussi bien qu'aux grains. Le milieu poreux est ensuite considéré comme une réalisation d'un ensemble aléatoire, et les notions granulométriques sont alors rattachées aux probabilités P(B) et Q(B) pour qu'un ensemble B donné soit contenu dans les grains ou dans les pores. L'auteur aborde aussi le problème qui consiste à reconstituer une granulométrie originelle de l'espace à trois dimensions à partir des granulométries induites dans des espaces à deux

(Suite 3)

dimensions (lames minces) ou à une seule dimension (traversées): ce problème est intièrement résolu dans le cas de grains sphériques, mais reste partiellement indéterminé dans le cas général. La deuxième partie étudie les propriétés hydrodynamiques des milieux poreux, et tente tout d'abord d'expliquer la genèse des perméabilités elles-mêmes: la loi de Darcy ne dépend pas, en réalité, de la forme des équations qui régissent l'écoulement au niveau granulométrique (équations de Navier), mais seulement de leur linéarité et d'une condition a *priori* selon laquelle seuls sont observables au niveau macroscopique des écoulements stationnaires ou quasi-stationnaires. Les deux derniers chapitres, consacrés à la composition des perméabilités, essayent de montrer comment un milieu à perméabilités locales variables peut être caractérisé, à plus vaste échelle, par une nouvelle loi de Darcy et une nouvelle perméabilité macroscopique constante, qui ne dépend que de la loi spatiale des perméabilités ponctuelles variables.

McGONNAGLE, W. - **Essais non destructifs.** Métaux et matériaux divers. Traduit de l'anglais par C. JOSEPH. Un vol. in-8, de 550 pages, avec 417 figures et photographies et LV tableaux. Editions Eyrolles, Paris, 1967. Prix, relié, 123,30 F.

Cet ouvrage de McGonnagle apporte aux ingénieurs et techniciens de nombreuses industries: — les principes de base des essais non destructifs; — les résultats qui peuvent être obtenus avec ces essais; — la description complète des applications classiques des essais non destructifs. L'auteur, qui insiste sur la nécessité des mesures physiques plus nombreuses et meilleures, ouvre la voie à de nouvelles méthodes, à des appareils nouveaux et mieux adaptés, en vue de leur application dans les divers domaines de la technique.

SOMMAIRE. - *I: Introduction. - II: Inspection visuelle. - III: Essais de pression et d'infiltration. - IV: Inspection par pénétration de liquide. - V: Méthodes thermiques. - VI: Radiographie à rayons X. - VII: Radiographie gamma. - VIII: Ultrasons. - IX: Essais dynamiques. - X: Méthodes magnétiques. - XI: Méthodes électriques d'essai non destructif. - XII: Méthodes utilisant les courants de Foucault. - XIII: Autres techniques utiles d'essai. - XIV: Mesures d'épaisseur. - XV: Conclusion.*

4

DUVAL, C. - **Le soufre.** Un vol. in-16 (de la collection « *Que sais-je?* », N. 1254), de 128 pages, avec figures. Presses Universitaires de France, Paris, 1967. Prix, broché, 3 F.

SOMMAIRE. - I. Le soufre en chimie minérale. *I: La valence zéro du soufre. - II: La valence moins deux du soufre. - III: La valence moins un du soufre. - IV: La valence plus un du soufre. - V: La valence plus deux de soufre. - VI: La valence plus trois du soufre. - VII: La valence plus quatre du soufre. - VIII: La valence plus cinq du soufre. - IX: La valence plus cinq du soufre avec d'autres valences. - X: La valence plus six du soufre. - XI: Valence plus six du soufre avec d'autres valences. - XII: Valence du soufre supérieure à six (?).* - II. Le soufre en chimie organique. *I: Formules générales. - II: La sulfonation. - III: L'introduction du soufre en chimie organique. - IV: Etude de quelques corps organiques importants.* - III. Le soufre en chimie biologique.

FAIRBROTHER, F. - **The Chemistry of Niobium and Tantalum.** A vol. in-8 (Monograph 10 of the Collection *Topics in Inorganic and General Chemistry*), of VIII-244 pages, with 16 figures and XI tables. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1967, Price, bound, Dfl. 50.

This book will be of interest and use not only to chemists, to whom it presents an account of the most recent research in these fields, but also to physicists and metallurgists, especially those who are concerned with the development of the use of these metals and their compounds in modern technology.

(Suite 4)

CONTENTS. - *I: Separation and Extraction Metallurgy. - II: Physical Properties of the Metals. - III: Oxygen Compounds. - IV: Halogen Compound. - V: Hydrogen Systems. - VI: Carbon, Silicon and Boron Systems. - VII: Nitrogen, Phosphorus, Arsenic, Antimony and Bismuth Systems. - VIII: Sulphur, Selenium and Tellurium Systems. - IX: Analytical Chemistry.*

5

***. - **Atlas der mittel- und jungtertiären dispersen Sporen- und Pollensowie der Mikroplanktonformen des nördlichen Mitteleuropas.** LIEFERUNG IV und V: **Weitere azonotrilete (apiculate, murornate), zonotrilete, monolete und alete Sporenformen.** Sowie Nachträge zu den Formen der Lieferungen I-III. Herausgegeben und bearbeitet von W. KRUTZSCH. Ein Band in-8, von VI-232 Seiten, mit 17 Textabbildungen, XC Tafeln und III Tabellen. Veb Gustav Fischer Verlag, Jena, 1967. Preis, geh., DM. 98.

Der vorliegende Atlas hat eine doppelte Aufgabe: Einmal ist in ihm das bisher im Gebiet bekannte Material - nach modernen Erkenntnissen revidiert und geordnet - zusammenfassend darzustellen und zum anderen muss durch Neubeschreibungen der durch die Inventuren der vergangenen Jahre bei uns zutage geförderten und katalogisierten Formen eine Basis für weitere umfangreiche Inventur- und Auswertungsarbeiten geschaffen werden.

INHALT. - I. Einleitung und Vorbemerkungen zur Lieferung IV-V. - II. Bemerkungen zu den Sporengattungen der Lieferung IV-V. *I: Weitere trilete Sporenformen (apiculate, murornate und zonale). - II: Monolete Sporenformen. - III: Alete Sporenform.* - III. Taxionomie der Formspezies usw. der im Abschnitt B genannten Sporengattungen des mitteleuropäischen Mittel- und Jungtertiärs. - IV. Literaturnotizen.

MASINI, R. - **La Terra vista da un Naturalista.** Un vol. in-8, di XX-368 pagine, con 30 figure e IV tavole. Nistri-Lischi Editore, Pisa, 1968. Senza indicazione di prezzo.

Questo libro vuole avere un carattere divulgativo, nel senso di essere accessibile anche a chi non abbia familiarità con la materia ma interessi lo studio della Natura o vi partecipi, un libro che possa leggersi come libro di lettura conducendo da ultimo a fare un bilancio su ciò che possiamo presumere di sapere e quello che ignoriamo e ci sforziamo di conoscere. Una volgarizzazione però che non tace i problemi che non trovano soluzioni, ma all'opposto li presenta nella loro complessità, ispirando nel lettore quell'interesse che stimola la curiosità, dalla quale ebbe origine la scienza - dal Cielo alla Terra. Il sommario che segue è sufficiente per dare un sunto sui soggetti trattati.

SOMMARIO. - *I: La terra, il Cielo e i Pianeti. - II: I vulcani. - III: Terremoti e sismicità. - IV: L'atmosfera. L'idrosfera. La crosta terrestre. - V: L'origine delle rocce e l'impaginazione del libro terrestre. L'origine dei fossili e la filogenesi naturale. - VI: Le rocce metallifere e i giacimenti metallici. - VII: Le acque sotterranee e le sorgenti. - VIII: Le sorgenti termali e la loro origine. Le manifestazioni secondarie endogene nell'Appenino. I fuochi naturali e gli idrocarburi. - IX: Lo spianamento della superficie terrestre e i contributi portati dal corpo terrestre. - X: La vita organica e la vita fisica della Terra. - XI: Come si apre la storia della Terra. Come si sviluppa e come continua. - XII: Orientamento delle catene montuose. I corrugamenti terrestri. La teoria della permanenza e delle grandi unità continentali e marine. La paleogeografia. - XIII: Le maree e le teorie che ne discendono. - XIV: Le montagne terrestri. Costituzione, struttura e teorie che ne discendono. Le forze estraterrestri. Oscillazioni delle terre e dei mari. - XV: L'Universo e la Terra. - XVI: Natura e scienza.*

MENNELLA, C. - **Il clima d'Italia.** Nelle sue caratteristiche e varietà e quale fattore dinamico del paesaggio. VOLUME PRIMO: **Il clima d'Italia in generale.** Con ampia introduzione sul clima del Mediterraneo e su quello delle aree contigue. Un vol. in-4, di 718 pagine, con 112 figure. Editrice E.D.A.R.T., Napoli, 1967. Prezzo, rilegato, L. 18.000.

(Suite 5)

Quest'opera in tre volumi di cui il primo è già uscito, colma una lacuna e interrompe una tradizione di disinteresse del nostro paese per questa importante branca della conoscenza. La fisionomia della nostra regione geografica emerge in modo nuovo e dinamico da quest'opera; fisionomia correlata ai diversi fattori che la determinano: da una parte forme del terreno, aspetti della vegetazione, popolazione animale, manufatti dell'uomo e dall'altra manifestazioni ordinarie e straordinarie dell'atmosfera, formano un complesso di entità che si condizionano vicendevolmente e rappresentano nell'insieme un aspetto nuovo e non abbastanza considerato nello studio di un paese. Ne nasce un'opera così riccamente documentata da meravigliare che questa disciplina possa assumere aspetti così ricchi di dati in una interpretazione dinamica. Lo sguardo alla climatologia dinamica in parola si riferisce all'intero bacino del Mediterraneo condizionante il clima di tutti i paesi prospicenti ad esso ed in particolare alla regione italiana. È documentato anche l'aspetto storico delle vicende climatiche dell'ultimo secolo. È opera utile ai docenti di geografia di ogni grado, ai tecnici e costrattori, agli urbanisti, agli agricoltori, ai naviganti e praticanti la nautica da diporto, ai geodesici, agli igenisti, agli impresari turistici e sportivi, agli industriali dell'ospitalità ecc. ecc.

Sommario. - I. Il clima del Mediterraneo e quello dei paesi prospicenti e contermini. *I: Il clima del Mediterraneo nelle sue componenti geo-atmosferiche. - II: La climatologia dinamica del Mediterraneo.* - II. Il clima d'Italia in generale. *I: Posizione, configurazione generale della Regione Italiana e i fattori del clima. - II: Le linee generali del rilievo e le sue influenze climatiche. - III: La radiazione solare e quella globale in Italia. L'eliofania. - IV: L'influenza climatica dei mari italiani. - V: La pressione atmosferica. - VI: I venti. - VII: La temperatura dell'aria. - VIII: La pioggia. - IX: L'umidità dell'aria. - X: La nuvolosità. - XI: Le nebbie. - XII: Lo stato del cielo. - XIII: La neve. - XIV: I temporali. - XV: La grandine. - XVI: Le gelate e le brinate in Italia. - XVII: L'aridità e la secchezza. - XVIII: Clima e idrografia. - XIX: Clima e vegetazione in Italia. - XX: La climatologia dinamica della Regione Italiana.*

RUELLAN, F. - **Photogrammétrie et interprétation de photographies stéréoscopiques terrestres et aériennes.** Premier Fascicule: **Initiation.** Un vol. in-4, de 124 pages, avec 48 figures dans le texte, III tableaux de symboles, 14 figures et VIII planches stéréoscopiques hors texte. Masson & C.ie, Editeurs, Paris, 1967. Prix, cartonné, 70 F.

Cet ouvrage dont le premier fascicule est présenté traite d'une discipline de recherche scientifique et d'enseignement, aux nombreuses applications dans les sciences de la Terre, les sciences naturelles, l'agronomie, les travaux publics, l'urbanisme et l'archéologie, les sciences médicales et chirurgicales, etc. L'ouvrage est divisé en quatre fascicules où sont constamment unis les méthodes de la photogrammétrie et de l'interprétation, les définitions précises et les travaux pratiques, appuyés sur une abondante bibliographie. Le premier fascicule est consacré à l'*Initiation*. Il présente d'abord un « Avant-Propos » qui esquisse les progrès de la photogrammétrie et de l'interprétation des photographies aériennes, tels que l'auteur les a connus depuis la guerre de 1914-18. Il y est également question des expériences qu'il a faites dans son enseignement au Brésil et en France, et pendant ses voyages. L'élaboration de la carte à 10 000 du Golfe Normand-Breton est ensuite exposée brièvement ainsi que les idées de l'auteur concernant la formation des interprétateurs. L'ouvrage s'adresse aux interprétateurs de topographie civile et militaire; aux géomorphologues, géologues, géophysiciens et géographes, aux pédologues, biogéographes et agronomes, aux ingénieurs en hydraulique fluviale et maritime et en aérodynamique; aux ingénieurs constructeurs de routes, de ponts, de canaux et de ports; aux architectes et aux urbanistes, aux planificateurs de mise-en-valeur; également aux archéologues, aux médecins et chirurgiens. Le domaine où ces méthodes trouvent leur application est donc très vaste. L'avantage considérable est que l'utilisateur ne perd jamais de vue l'ensemble de l'objet ou du paysage où se placent ses recherches et les implantations ou interventions qu'il projette.

STRINGFIELD, V. T. and LE GRAND, H. E. - **Hydrology of Limestone Terranes in the Coastal Plain of the Southeastern United States.** A vol. in-8 (Special Papers N. 93), of VIII-46 pages, with 8 figures and III tables. The Geological Society of America, Inc., New York, 1966. Price, unbound, Doll. U.S.A. 2,00.

(Suite 5)

CONTENTS. - *I: Principles Relating to the Hydrology of Limestone Terranes. - II: Tertiary and Quaternary Limestones. - III: Geologic Structure. - IV: Relation of Movement of Water to Geologic Structure. - V: Solution of Limestone. - VI: Circulation of Water in the Limestone Aquifers. - VII: Relation of Circulation to Chemical Quality of Water. - VIII: Relation of Surface Drainage to the Limestone. - IX: Zone of Greatest Circulation and Solution. - X: Paleohydrology of the Tertiary and Quaternary Limestones. - XI: Summary and Conclusions.*

YOUNG, K. - **Texas Mojsisovicziinae (Ammonoidea) and the Zonation of the Fredericksburg.** A vol. in-8 (Memoir N. 100), of VIII-226 pages, with 21 figures, V tables and XXXVIII plates. The Geological Society of America, Inc., New York, 1966. Price, bound, Doll. U.S.A. 6,75.

CONTENTS. - *I: Abstract. - II: Introduction. - III: Biostratigraphy. - IV: Paleontology. - V: Paleoecology. - VI: Repositories. - VII: Catalogue of Localities. - VIII: Descriptions of Taxa. - IX: References. - X: Index.*

6

***. - **Introducing Living Things.** Two vols. in-8 (*Nuffield Biology Text I* and *Nuffield Biology Teachers' Guide I*), of X-180 and XX-152 pages, with 132 and 28 figures. Longmans, Green & Co. Ltd., London, 1966. Price, unbound, sh. 15.6 and sh. 15.

The essence of this Nuffield course in biology is « science for all ». In devising it, the intention has been to provide a balanced and up-to-date view of the subject suitable for pupils who will leave school at the age of 16 and do no more formal biology. For some it will also provide a jumping-off point for further study at A-Level. The course has been built around a number of fundamental themes. Such issues as the relationship of structure and function, adaptation and the interaction of organism and environment recur again and again in different contexts throughout the five-year period. The course is designed to foster a critical approach to the subject with an emphasis on experimentation and enquiry rather than on the mere assimilation of facts. In order to foster this outlook, a Teachers' Guide has been produced. This is closely cross-referenced to the Text and contains copious notes on teaching methods, also much technical matter relating to practical work, including additional experiments. In short, the aim has been to produce not only a new syllabus, but, more important, a new approach to teaching.

CONTENTS. - *I: The Variety of Life. - II: Investigating Living Things. - III: Naming Living Things. - IV: Cells as Units of Life. - V: How Living Things Begin. - VI: Reproduction and Development in Animals and Man. - VII: Living Things Multiply. - VIII: Finding out about Locusts. - IX: Finding out about other Insects.*

***. - **Keys to Small Organisms in Soil, Litter, and Water Troughs.** A vol. in-8, of 28 pages, with 85 figures. Longmans, Green and Co. Ltd., London, 1966. Price, unbound, sh. 2.

This booklet contains two keys to be used in Year IV of the Nuffield biology course. They are intended as a rough guide to plants and animals which may be found at different stages of the fieldwork. The first is a key to animals found in soil and leaf litter, moss cushions, etc. The second key is much shorter and covers only a few groups of very small plants and animals.

BURKHARDT, D., SCHLEIDT, W. and ALTNER, H. - **Signals in the Animal World.** Translated by K. MORGAN. A vol. in-4, of 150 pages, with many figures and colour photographs. George Allen & Unwin, Ltd., London, 1967. Price, bound, sh. 63.

(Suite 6)

Signals in the Animal World is a new type of book, surveying the results and insight gained by research into behaviour, a science which is still young but which is rapidly becoming of great importance for many fields of study. The fascinating techniques of modern physical and chemical research in biology and the still largely unknown procedures used in the study of behaviour have yielded a wealth of new knowledge about many aspects of the animal world. *Signals in the Animal World* describes these discoveries. It begins with the functioning of nerves, cells and bodily organs, goes on to consider the behaviour of individual living creatures and finally describes the organization of life in animal communities. The text is illustrated by a mass of photographic material, much of it coloured, showing both familiar and unfamiliar aspects of animals and their organs and revealing much which the eye alone can never see. Many of the examples quoted show that living nature is ahead of man in the solution of important technical problems, and that many of our latest « inventions » were anticipated by nature millions of years ago, in the course of evolution. Although the book is written by specialists, it is simple to understand and clearly arranged. Much of the information has not previously been available to a wider public. It will appeal to all types of reader. Medical students will find just as many stimulating ideas as engineers concerned with the development of electronics. Non-biologists and laymen interested in living nature will be just as interested as students of zoology, botany and physics, and doctors and teachers and pupils, but the biology specialist will also be glad to possess this book with its mass of new and varied information.

8

***. - **Annual Review of Physiology.** Edited by V. E. Hall, A. C. Giese and R. R. Sonnenschein. **Volume 29.** A vol. in-8, of x-652 pages. Annual Reviews, Inc., Palo Alto (California), 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 9,00.

Contents. - *I: Prefatory Chapter: An Old Professor of Animal Husbandry Ruminates*, by M. Kleiber. - *II: Transport Through Biological Membranes*, by E. Heinz. - *III: Growth and Differentiation*, by R. M. Gaze. - *IV: Comparative Physiology: Metabolism*, by J. Awapara and J. W. Simpson. - *V: Respiration*, by L. Bernstein. - *VI: Gastric Juice and Secretion: Physiology and Variations in Disease*, by G. E. Farrar, Jr. and R. J. Bower. - *VII: Comparative Physiology: Invertebrate Excretory Organs*, by L. B. Kirschner. - *VIII: Limphatics and Limphoid Tissues*, by L. Allen. - *IX: Systemic Circulation*, by A. A. Rovick and W. C. Randall. - *X: Heart*, by W. Schaper. - *XI: The Adenohypophysis and Its Hypothalamic Control*, by R. Guillemin. - *XII: Parathyroid Hormone*, by C. D. Arnaud, Jr., A. M. Tenenhouse, and H. Rasmussen. - *XIII: Reproduction*, by R. V. Short. - *XIV: The Nervous System at the Cellular Level*, by A. R. Martin and J. L. Veale. - *XV: Central Nervous System: Afferent Mechanisms and Perception*, by P. O. Bishop. - *XVI: Hearing*, by J. Schwartzkopff. - *XVII: Visual Processes in the Limulus Eye*, by M. L. Wolbarsht and S. S. Yeandle. - *XVIII: Higher Functions of the Central Nervous System*, by A. Mosfeldt Laurens. - *XIX: Central Nervous System: Motor Mechanisms*, by E. Eldred and J. Buchwald.

***. - **Brain and Conscious Experience.** Study Week, September 28 to October 4, 1964, of the Pontificia Academia Scientiarum. Edited by J. C. Eccles. A vol. in-8, of xxii-592 pages, with 147 figures. Springer-Verlag, Berlin, 1966. Price, bound, DM. 67,20.

The Study Week, September 28 to October 4, 1964, of the Pontificia Academia Scientiarum in Rome dealt with the most important questions that man can ask about himself and his relation to the material world. Composed of contributions by world experts, this book, in addition to the lectures, contains exceptional discussions which have special merit because, during the five days of meetings under excellent conditions, the participants were able to talk with unusual ease and freedom. *Brain and Conscious Experience*, therefore, serves as a record of an intimate disputation among scholars of quite different approaches to the central theme.

(Suite 8)

CONTENTS. - *I: Structural Design of the Neocortex*, by M. L. COLONNIER. - *II: Cerebral Synaptic Mechanisms*, by J. C. ECCLES. - *III: Structure and Function of Archicortex*, by P. O. ANDERSEN. - *IV: Neural Replication of Somatic Sensory Events*, by V. B. MOUNTCASTLE. - *V: Sensory Mechanisms in Perception*, by R. GRANIT. - *VI: Information Transmission in the Visual System*, by O. CREUTZFELDT, et al. - *VII: Brain Stimulation and Conscious Experience*, by B. LIBET. - *VIII: Perception After Brain Injuty*, by H.-L. TEUBER. - *IX: Speech, Perception and the Cortex*, by W. PENFIELD. - *X: Consciousness*, by E. D. ADRIAN. - *XI: Brain Mechanisms and States of Consciousness*, by H. H. JASPER. - *XII: Neurophysiological Correlates of Mental Unity*, by F. BREMER. - *XIII: Brain Bisection and Consciousness*, by R. W. SPERRY. - *XIV: Conscious Experience and Memory*, by J. C. ECCLES. - *XV: Functional Significance of Sleep for Brain Mechanisms*, by G. MORUZZI. - *XVI: Precentral Motor Area*, by C. G. PHILLIPS. - *XVII: Conscious Control of Action*, by D. M. MACKAY. - *XVIII: Brain-Consciousness Problem*, by A. O. GOMES. - *XIX: Ethology and Consciousness*, by W. H. THORPE. - *XX: Dopamine and Central Neurotransmission*, by C. HEYMANS and A. DE SCHAEPDRYVER. - *XXI: Psychosomatic Problems*, by H. SCHAEFER.

CARLIER, J. - **Les gradients de pression systolique intraventriculaires.** Préface par R. FROMENT. Un vol. in-8 (de la collection « *Médico-monographies d'Agrégés* »), de 324 pages, avec 99 figures et XIX tableaux. Editions Arscia S.A., Bruxelles, 1967. Prix, broché, F. B. 600.

SOMMAIRE. - **Première Partie.** Les gradients de pression systolique intraventriculaires chez le chien. - I. Gradients de pression systolique intraventriculaires et autres gradients de pression. - II. Authenticité des gradients de pression intraventriculaires observés et localisation du siège de production des gradients. *I: Exclusion des artéfacts possibles. - II: Souffles et gradients de pression systolique intraventriculaires. - III: Localisation par ciné-angiocardiographie du siège de production des gradients observés.* - III. Déterminisme des gradients de pression systolique intraventriculaires. *I: Gradients ventriculaires droits. - II: Gradients ventriculaires gauches.* - IV. Données en faveur d'une contraction infundibulaire et de sa stimulation possible sous l'effet de divers agents. *I: Observations personnelles et position du problème. - II: Données bibliographiques. - III: Observations personnelles.* - **Deuxième Partie.** Les gradients de pression systolique intraventriculaires chez l'homme. - I. Introduction. - II. Données bibliographiques concernant les sténoses systoliques infundibulaires humaines et comparaison avec nos résultats expérimentaux. *I: Données bibliographiques. - II: Comparaison avec nos résultats expérimentaux.* - III. Observations personnelles chez l'homme. *I: Observations sur la contraction infundibulaire. - II: Gradients de pression systolique infundibulaires.* - IV. Considérations générales sur la physiopathologie de l'infundibulum des deux ventricules.

GILLOUX, A. avec la collaboration de Y. M. ALLAIN - **Chirurgie de la trompe.** Préface de F. LEPAGE. Un vol. in-8, de 332 pages, avec 54 figures. Librairie Maloine S.A., Paris, 1967. Prix, broché, 52 F.

Cet ouvrage est entièrement consacré à la trompe de Fallope et brosse de façon concrète les aspects variés de la pathologie tubaire. Il est polarisé avant tout sur l'étude chirurgicale des affections tubaires. Mais cette étude n'est concevable que si l'on connaît parfaitement au préalable les bases anatomiques, physiologiques, anatomo-pathologiques et cliniques. Ces bases sont exposées dans la première partie du travail. La seconde partie est consacrée à la thérapeutique. Le clinicien y trouvera les buts, les indications, les méthodes médicales et chirurgicales et leurs résultats étoffés de statistiques récentes. Les techniques chirurgicales sont abondamment illustrées de schémas. L'ensemble des moyens thérapeutiques est repris sous une forme pratique: la conduite à tenir. Les bases pronostiques sont placées entre les deux premiers chapitres. Le pronostic que guette la stérilité ou la grossesse extra-utérine n'est-il pas lié aussi bien à l'affection qu'à l'acte thérapeutique lui-même? Ainsi ce plan original et commode permet de lire rapidement une technique, une indication, un résultat et de l'intégrer dans le contexte général. Les étudiants et les élèves du Certificat apprécieront le caractère didactique de l'ouvrage qui leur facilitera la préparation aux concours. Ce travail devrait être bien

(Suite 8)

accueilli par les Médecins-Praticiens, les Chirurgiens et les Spécialistes auxquels il est avant tout destiné. Ils pourront y trouver les éléments de base d'un traitement rationnel de l'affection tubaire qui les intéresse. Un dernier chapitre enfin est consacré à un problème en pleine évolution et d'extrême actualité: la stérilisation qui est un des aspects de la contraception. Sans entrer dans les considérations morales et génétiques, les diverses techniques sont décrites avec leurs indications et les résultats. La chirurgie tubaire est un des chapitres les plus passionnants de la Chirurgie gynécologique et l'un des plus difficiles. Cet ouvrage aidera tous ceux que cette question importante intéresse.

9

***. - **Quantum Theory and Reality.** Edited by M. BUNGE. A vol. in-8 (*Studies in the Foundations Methodology and Philosophy of Science*, Volume 2), of VIII-118 pages. Springer-Verlag, Berlin, 1967. Price, bound, DM. 29,60.

CONTENTS. - Introduction: *The Turn of the Tide*, by M. BUNGE. - I. The Epistemological Issue. *I: Quantum Mechanics without « The Observer »*, by K. R. POPPER. - *II: The Problem of Physical Reality in Contemporary Science*, by H. MEHLBERG. - II. Ψ, Measurement, and the New Particle Crop. *III: The Quantum State Vector and Physical Reality*, by P. G. BERGMANN. - *IV: Probabilities in Quantum Mechanics*, by H. MARGENAU and L. COHEN. - *V: Hidden Parameters Associated with Possible Internal Motions of Elementary Particles*, by J.-P. VIGIER. - III. Objectivistic Foundations of Q.M. *VI: An Axiomatic Foundation of Quantum Mechanics on a Nonsubjective Basis*, by G. LUDWIG. - *VII: A Ghost-Free Axiomatization of Quantum Mechanics*, by M. BUNGE.

DUMITRIU, A. - **Soluția paradoxelor logico-matematice.** Un vol. in-8, de 208 pages. Editura Stiintifica, Bucuresti, 1966. Prix, relié, Lei 8,50.

SOMMAIRE. - *I: Teoria cantoriană a multimilor. - II: Elemente de logistică. - III: Paradoxele logico-matematice. - IV: Incercări de a găsi o soluție. - V: Construcția unor noi paradoxe. - VI: Soluția paradoxelor. - VII: Paradoxul mincinosului. - VIII: Explicația paradoxelor. - IX: Concluzii.*

FISCHER, A. - **Die philosophischen Grundlagen der wissenschaftlichen Erkenntnis.** Zweite, umgearbeitete Auflage. Ein Band in-8, von VI-226 Seiten. Springer-Verlag, Wien, 1967. Preis, geh., Doll. U.S.A. 9,50.

INHALT. - I. Sinn und Wesen wissenschaftlicher Erkenntnis. *I: Die Notwendigkeit philosophisch-anthropologischer Grundlegung. - II: Die Stellung des Menschen im Kosmos. - III: Der Mensch innerhalb des Biologischen. - IV: Der Mensch jenseits des Biologischen. - V: Biologische Erkenntnistheorie. - VI: Der transzendente Wissensdrang.* - II. Zur Psychologie der Erkenntnisvorgänge. *I: Grenzen und Gefahren des Psychologismus. - II: Psychologismus und Phänomenologie in der Erkenntnislehre. - III: Grundlagen der Denkpsychologie. - IV: Verstehen und Erklären. - V: Anschaulichkeit und Modelle.* - III. Logische Grundlagen der Erkenntnis. *I: Aufgabe der Logik. - II: Logik und Sprache; Symbolismus. - III: Moderne Richtungen der Logik: Logistik. - IV: Axiome und Kategorien. - V: Uber Definitionen. - VI: Induktion und Deduktion. - VII: Mathematik und Logik. - VIII: Uber Wahrscheinlichkeit. - IX: Uber Wahrheit.* - IV: Arbeitsmethoden der Wissenschaft. *I: Methodik und Problemstellung. - II: Die Tatsachengewinnung. - III: Beobachtung, Beschreibung, Klassifikation. - IV: Messung und Experiment. - V: Hypothesen und Theorien.* - V. Die Grundprobleme der Erkenntnistheorie. *I: Historische Einleitung. - II: Die sinnliche Grundlage. - III: Das Problem der Realität, Erscheinung und Wirklichkeit. - IV: Empirismus und Rationalismus. - V: Der moderne Agnostizismus. - VI: Der Weg zum Ding an sich.* - VI. Naturphilosophische Grenzfragen. *I: Kausalität und Determinismus. - II: Das Naturgesetz. - III: Teleologie und Ganzheit.* - VII. Blick auf die Geisteswissenschaften.

10

***. - **La distribution temporelle des activités animales et humaines.** Quatrième session d'études (Marseille, 4-5 Octobre 1965) de l'Union Internationale des sciences biologiques (section de psychologie expérimentale et comportement animal), organisée par J. MÉDIONI. Un vol. in-8 (de la collection *Problèmes de comportement*), de 192 pages, avec 77 figures, XV tableaux et I planche. Masson & C.ie, Editeurs, Paris, 1967. Prix, broché, 40 F.

SOMMAIRE. - *I: Gesetzmaessigkeiten circadianer Aktivitaets-Rhythmen bei Tier und Mensh*, par R. WEVER. - *II: Rythmes d'activité chez quelques Mélolonthides (Coléoptères)*, par A. COUTURIER et P. ROBERT. - *III: Aspects of the Circadian Organisation of « Drosophila »*, par L. RENSING. - *IV: L'activité sur les pistes et les fourmilières de «Formica polyctena »*, par R. CHAUVIN. - *V: Applications et développement d'un procédé d'analyse de l'activité et du mouvement (Contribution à l'étude de l'activité somatique totale)*, par A. BISCONTE. - *VI: Étude d'un dispositif actographique permettant de mesurer l'activité des Poissons (Examen de quelques résultats obtenus sur « Carassius auratus », « Pygocentrus piraya » et « Hyphessobricon rosaceus »)*, par G. THINÈS. - *VII: Étude comparative de la capacité photopathique et de l'activité chez le poisson cavernicole « Anoptichthys antrobius », chez la forme épigée ancestrale «Astaynax mexicanus», et chez les hybrides F_1 (« Astyanax x Anoptichthys ») et F_2*, par C. BOUCQUEY, G. THINÈS et C. VAN DER BORGHT. - *VIII: La distribution temporelle des activités des animaux (Travaux du Laboratoire de Biologie Animale de la Faculté des Sciences de Rennes)*, par G. RICHARD. - *IX: Problèmes de la mise en activité et de l'arrêt de l'activité chez les insectes*, par J. Y. GAUTIER. - *X: The Seasonal Variation in the Responses of Scolytids to Light and Temperature*, par V. PERTTUNEN. - *XI: Quelques aspects des mécanismes physiologiques des phénomènes migratoires*, par M. FONTAINE. - *XII: Étude préliminaire de l'activité de « Vipera aspis » dans la nature*, par G. NAULLEAU. - *XIII: Contribution à l'analyse des régulations temporelles du comportement, à l'aide des techniques de conditionnement opérant*, par M. RICHELLE. - *XIV: Contribution à l'étude des estimations temporelles chez l'animal par la méthode du double évitement*, par M. BLANCHETEAU. - *XV: Étude génétique de la distribution temporelle de l'activité dans une expérience de jeux sériels*, par F. ORSINI.

12

***. - **New Methods of Thought and Procedure.** Edited by F. ZWICKY and A. G. WILSON. Contributions to the Symposium on Methodologies. Sponsored by the Office for Industrial Associates of the California Institute of Technology and the Society for Morphological Research, Pasadena, California, May 22-24, 1967. A vol. in-8, of VIII-338 pages, with 43 figures. Springer-Verlag, Berlin, 1967. Price, bound, DM. 38.

CONTENTS. - I. Operations Research. *I: The Nature of Operations Research and its Beginnings*, by TH. PAGE. - *II: A Decade of Operations Research in Health*, by CH. FLAGLE. - *III: Operations Research Applied to City Planning*, by M. ERNST. - II. Systems Engineering. *I: Systems Engineering—Planning*, by D. GILLETTE. - *II: Systems Engineering—Implementation*, by J. F. SHEA. - III. Dynamic Programming. *I: Dynamic Programming: A Reluctant Theory*, by R. BELLMAN. - *II: Dynamic Programming's Progeny*, by R. KALABA. - IV. Information Theory. *I: A Survey of Information Theory*, by J. R. PIERCE. - *II: Information Theory and Modern Digital Communication*, by R. W. LUCKY. - V. Game Theory. *I: Game Theory: A New Paradigm of Social Science*, by O. MORGENSTERN. - *II: Welfare, Economic Structure and Game Theoretic Solutions*, by M. SHUBIK. - *III: On Committees*, by L. SHAPLEY. - VI. Morphological Research. *I: The Morphological Approach to Discovery, Invention, Research and Construction*, by F. ZWICKY. - *II: Morphology and Modularity*, by A. G. WILSON. - *III: Morphology of Multilanguage Teaching*, by F. ZWICKY.

BARBUT, M. - **Mathématiques des sciences humaines.** VOLUME I: **Combinatoire et algèbre.** VOLUME II: **Nombres et mesures.** Préface de P. FRAISSE. Deux vols. in-16 (de la collection *Le Psychologue*), de VIII-246 et 290 pages. Presses Universitaires de France, Paris, 1967 et 1968. Prix, brochés, 12 F. chaque volume.

(Suite 12)

SOMMAIRE. - **Volume I.** I. Applications et dénombrements. *I: Applications. - II: Composition des applications. - III: Ensemble des applications d'un ensemble dans un autre. - IV: Factorielles.* - II. Parties d'un ensemble. *V: L'ensemble des parties d'un ensemble fini. - VI: Simplexes. - VII: Triangle de Pascal. - VIII: Algèbre des parties d'un ensemble.* - III. Les relations et la classification. *IX: Relations binaires. - X: La classification: partitions et relations d'équivalence.* - IV. Algèbre linéaire et description statistique. *XI: Vectoriels. - XII: Bases et dimensions. - XIII: Moyennes.* - **Volume II.** I. Les nombres. *I: Nombres, ordres, approximations. - II: Fonctions numériques.* - II. La mesure en description statistique. *III: Produit scalaire. - IV: Mesures de la distance et de la dispersion. - V: Cosinus et corrélation linéaire.* - III. La mesure en probabilités. *VI: Mesures de probabilité. - VII: Aléas. - VIII: Probabilités conditionnelles. - IX: Aléas numériques.*

DEMING, W. E. - **Some Theory of Sampling.** A vol. in-8, of XX-602 pages, with 90 figures and LXI tables. Dover Publications, Inc., New York, 1966. Price, unbound, Doll. U.S.A. 3,50.

CONTENTS. - I. The Specification of the Reliability Required. *I: The Planning of Surveys. - II: The Various Errors of a Survey.* - II. Some Elementary Theory for Design. *III: Moments and Expected Values. - IV: Some Variances in Random Sampling. - V: Multistage Sampling, Ratio-Estimates, and Choice of Sampling Unit. - VI: Allocation in Stratified Sampling. - VII: Distinction between Enumerative and Analytic Studies. - VIII: Control of the Risks in Acceptance Sampling.* - III. Some Theory for Analysis and Estimation of Precision. *IX: The Sample as a Basis for Action. - X: Estimation of the Precision of a Sample.* - IV. Applications of Some of the Foregoing Theory. *XI: Inventories by Sampling. - XII: A Population Sample for Greece.* - V. Some Further Theory for Design and Analysis. *XIII: Detailed Study of Some Binomial and Related Distributions. - XIV: The Gamma and Beta Functions. - XV: Distribution of the Variance in Samples from a Normal Universe. - XVI: Tests for Hypotheses in Normal Theory. - XVII: The Distribution of the External and Internal Variances.*

LEE, J. A. N. - **The Anatomy of a Compiler.** A vol. in-8, of XII-276 pages, with figures and tables. Reinhold Publishing Corporation, New York, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 15,25.

The product of an expert programmer with unusually broad experience in the implementation of language processors, this upper-level computer science volume describes the techniques for the analysis of non-natural languages with the subsequent translation of the input sentences into some other target language. A major thesis of the text is that since semantic definition must eventually describe the relationship between the source language and the target language, it is necessary that the author of the semantic definition be thoroughly conversant with the techniques of representing the elements of the source language in the target language. In the absence of an acceptable standardized means of expressing semantics, this book avoids any attempt to formalize an abstract concept, emphasizing rather the practical implementation of the required compiler analyzers, recognizers, and generators.

CONTENTS. - *I: Introduction. - II: The Formal Definition of Language. - III: The Reason for a Grammar. - IV: SYMTAB. The Symbol Table and Associated Routines. - V: Control Statements. - VI: Input/Output and FORMAT. - VII: Polish String Notation. - VIII: The ASCAN Generator. - IX: Compiling within a Subprogram.*

14

***. - **Technology in Western Civilization.** VOLUME I: **The Emergence of Modern Industrial Society Earliest Times to 1900.** VOLUME II: **Technology in the Twentieth Century.** Edited by M. KRANZBERG and C. W. PURSELL, JR. Executive Editors: P. J. GROGAN and D.F. KAISER. Two vols. in-8, of XII-802 and XII-772 pages, with many figures and tables. Oxford University Press, New York, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 8,50 each volume.

(Suite 14)

CONTENTS. - **Volume I.** *I: The Emergence of Technology. - II: Background of the Industrial Revolution, 1600-1750. - III: The Industrial Revolution, 1750-1830. - IV: The Age of Steam and Iron, 1830-1880. - V: The Promise of Technological Fulfillment, 1880-1900.* - **Volume II.** *I: Introduction. - II: Rationalization and its Consequences. - III: Transportation. - IV: Materials and Structures. - V: Energy Resources. - VI: Electronics and Communications. - VII: The Food Revolution. - VIII: Land Use and Resources. - IX: Technology and the State. - X: Technology in War. - XI: Scientific Research, Technology, and Automation. - XII: Space, Culture, and Technology.*

STIRLING, W. - **Some Apostles of Physiology.** An Account of their Lives and Labours. A vol. in-4, of VI-130 pages, with many figures. Dawsons of Pall Mall, London, 1966. Price, bound, Lgs. 8.8.0.

This book contains biographical sketches of the key figures of the history of physiology lavishly illustrated with portraits and facsimiles. Stirling was one of the leading teachers of physiology of his day and produced the work in a very limited number for presentation. It is a beautiful folio, filled with fine portraits of the great masters who, directly or indirectly, have contributed to the advancement of Physiology. The illustrations in the text are all taken from the originals in the works in which they occur. Stirling has endeavoured as often as possible to let the authors speak for themselves.

15

***. - **De l'automate à l'automatisation.** Textes de Héron d'Alexandrie, Salomon De Caus, Camus Le Lorrain, Jacques De Vaucanson, Joseph Engramelle, Joseph Farcot, William Ross Ashby, présentés par J. SABLIÈRE. Un vol. in-8, de 128 pages, avec 39 figures. Gauthier-Villars, Paris, 1966. Prix, broché, 9 F.

Cette petite anthologie nous conduit de la Préhistoire de l'automatisme, au temps des automates classiques, puis à l'âge d'or de l'automatisme traditionnel, jusqu'au second âge de l'automatisme: celui des automates de l'information et de la décision.

SOMMAIRE. - *I: Jalons des progrès de l'invention. - II: Explication de la nature de l'invention. - III: Les automates classiques. - IV: Les automates de démonstration. - V: La programmation. - VI: La rétroaction. - VII: Evolution actuelle et possibilités d'avenir.*

***. - **Se faccio, capisco.** Progetto Nuffield per la matematica. Un vol. in-8, di 70 pagine, con figure. Zanichelli Editore, Bologna, 1967. Prezzo, non rilegato, L. 800.

Il progetto Nuffield per la Matematica, che opera nell'ambito della omonima fondazione inglese, ha per obiettivo un insegnamento della matematica che sia moderno e per i metodi e per i contenuti. Il Progetto è dedicato ai fanciulli dai cinque ai tredici anni e si propone di aiutarli a collegare i vari aspetti del mondo che li circonda, di abituarli gradualmente ai processi di astrazione, di favorire in loro la formazione di una mentalità critica e nello stesso tempo creativa, di sviluppare la loro cultura in senso unitario. Il quaderno « Se faccio, capisco » è una guida introduttiva. Vi si esaminano gli scopi che l'insegnamento della matematica deve avere oggi, in contrapposizione a concezioni pedagogiche e didattiche ormai superate e vi si propone, per la realizzazione di tali scopi, un metodo definito « della libera scoperta ». Questa guida si sofferma sulle concrete possibilità dei bambini di sperimentare in un clima di ampia libertà, di discutere con i compagni e con l'insegnante sulle eventuali ipotesi formulate, di arrivare via via alla scoperta di relazioni e di schemi matematici.

SOMMARIO. - *I: Necessità di cambiamento. - II: L'iniziazione alla matematica nella scuola elementare. - III: Come i bambini imparano. - IV: Il significato del linguaggio. - V: Come si impara mediante la scoperta. - VI: Ricorso all'ambiente. - VII: Problemi di orga-*

(Suite 15)

nizzazione all'interno della scuola. - VIII: Problemi generali di organizzazione di una classe. - IX: Problemi particolari sull'organizzazione di una classe. - X: Mobili e attrezzatura. - XI: I mezzi di informazione. - XII: Valutazione dei progressi. - XIII: Conclusioni.

GABRIELLI, A. - **Dizionario dei sinonimi e dei contrari.** Anologico e nomenclatore. Un vol. in-8, di 866 pagine, con numerose illustrazioni in nero e a colori. Istituto Editoriale Italiano, Milano, 1967. Prezzo, rilegato, L. 10.000.

A parlar di sinonimi la mente corre naturalmente al Tommaseo; e in effetto chiunque si accinga a compilare una raccolta di termini sinonimi non può non prendere come punto di partenza l'opera tommaseana. Ma occorre dir subito che questo dizionario, pur partendo da quell'opera, non persegue gli stessi intenti nè si informa agli stessi sistemi, ma si adegua a intenti e sistemi diversi, più generali e più ampi, come i tempi e le esigenze di oggi richiedono. Mentre infatti il grande dizionario del Tommaseo allinea i sinonimi in stretto senso, e solo quelli, mettendoli in diretto raffronto tra loro per indicarne le differenze più o meno sfumate di significato e i più riposti valori, questo dizionario raggruppa accanto a ciascun esponente tutti quei vocaboli che hanno con esso non solo una stretta parentela sinonimica, ma anche une parentela più o meno prossima di significato, oscillante fino alla semplice analogia. Lo scopo di questo raggruppamento non è soltanto quello di cogliere il valore più particolare di ciascun termine sinonimo, ma anche e soprattutto quello di offrire una serie il più possibile abbondante di termini per vari aspetti affini tra loro, sì da consentire al ricercatore la scelta di quello che meglio si adatta alla determinazione precisa del suo pensiero. Questo dizionario, pur nella sua precipua funzione di suggeritore di parole e di idee, non dimentica altre funzioni più generali, ma non per questo meno preziose, che sono proprie dei comuni dizionari di lingua. Infatti, di tutti i termini esso indica minutamente le caratteristiche morfologiche. Nè manca, ove occorra, l'indicazione dei termini letterari o poetici o arcaici o fuor d'uso, e all'opposto dei neologismi usabili oppure non usabili. Particolare cura si è anche data all'accentazione di ciascun vocabolo, sì che questo dizionario risulta alla fine un sicuro e scrupoloso prontuario di pronunzia per un pubblico disorientato dagli influssi stranieri e dai dialetti.

MARAINI, O. - **Messico.** Un vol. in-4, di 240 pagine, con 134 illustrazioni in nero e a colori. Edizioni Vitalità, Torino, 1968. Prezzo, rilegato, L. 12.000.

Messico è una delle terre più affascinanti. Attraverso la lettura di questo libro si verrà a conoscere la sola terra del Continente americano che abbia una civiltà, una cultura, una tradizione millenaria che ha lasciato i monumenti antichi più grandi, i soli di tutta l'America. È un libro di viaggi e di storia messicana, un libro d'arte con splendide fotografie e riproduzioni di disegni e quadri eseguiti sul posto dall'Autore.

SOMMARIO. - *I: La via del cielo. - II: La via di Colombo. - III: La grande profezia. - IV: Architettura del periodo della conquista. - V: La civiltà azteca. - VI: Le grandi culture messicane. - VII: La Lotteria Nazionale Messicana. - VIII: Viaggio a Cuernavaca. - IX: Il Popocatépetl. - X: Acapulco. - XI: Catemaco. - XII: La rivoluzione. - XIII: Il palazzo nazionale e Diego Rivera. - XIV: La conquista. - XV: Conclusione.*

MORI, A. - **Sardegna.** Un vol. in-4 (Vol. XVIII dell'opera *Le Regioni d'Italia*), di XIV-676 pagine, con 337 figure e LXI cartine geografiche nel testo, una carta geografica e VII tavole a colori fuori testo. Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino, 1966. Prezzo, rilegato, L. 12.000.

SOMMARIO. - *I: Caratteri generali e storia della conoscenza dell'isola. - II: La Sardegna nel passato. - III: Struttura, coste e mari della Sardegna. - IV: Lineamenti e forme del rilievo. - V: Il clima e la vita vegetale e animale. - VI: I fiumi, i laghi e i serbatoi. - VII: Le regioni naturali storiche e amministrative. - VIII: Il popolamento e la sua evoluzione. - IX: La popolazione nelle città e nelle campagne. - X: Figure, voci e motivi della vita regionale. - XI: L'agricoltura e l'allevamento nei loro aspetti geografici. - XII: L'attività industriale e commerciale. - XIII: I quadri regionali minori della Sardegna settentrionale. - XIV: I quadri regionali minori della Sardegna meridionale.*

Le format de tous les livres annoncés ci-dessous est indiqué d'une façon uniforme, d'après le système adopté par la Bibliothèque Centrale Nationale de Florence et beaucoup d'autres Bibliothèques. Sont indiqués *in-folio* les volumes de plus de 38 centimètres de hauteur; *in-4* les volumes de 28 à 38 centimètres; *in-8* ceux de 20 à 28 centimètres; *in-16* ceux de 15 à 20 centimètres; *in-24* ceux de 10 à 15 centimètres; *in-32* les volumes qui ne dépassent pas les 10 centimètres de hauteur.

Libri ricevuti - Ouvrages reçus - Books received
Eingelaufene Werke - Libros recibidos

Les ouvrages qu'on nous adresse sont d'abord mentionnés ici, en dehors des comptes rendus dont ils peuvent être l'objet dans la suite.

Les ouvrages se succèdent dans l'ordre de la numération des groupes de matières énumérées ci-dessous:

1

Mathématiques
Calcul infinitésimal
Algèbre
Géométrie
Mécanique rationnelle et supérieure
Mécanique appliquée
Mathématiques appliquées et calcul numérique
Science des constructions
Calcul des probabilités

2

Astronomie
Astrophysique
Sciences spatiales
Cosmologie
Physique du plasma

3

Physique,
Thermodynamique
Hydraulique
Optique
Acoustique
Electrologie
Electronique
Physique nucléaire et subnucléaire
Relativité
Théorie des quanta
Structure de la matière

4

Chimie générale
Chimie minérale
Chimie organique
Chimie structurale
Electrochimie
Chimie physique

5

Minéralogie
Géologie
Hydrogéologie
Cristallographie
Géomorphologie
Géographie
Géodesie
Géophysique
Océanographie
Glacéologie
Vulcanologie
Séismologie
Météorologie
Climatologie
Ecologie
Paléontologie

6

Botanique
Zoologie
Entomologie
Microbiologie
Anthropologie
Embryologie
Anatomie humaine
Anatomie comparée
Histologie
Histochimie
Histophysique

7

Génétique
Théorie de l'évolution
Biologie
Biochimie
Biophysique
Biogéographie
Bionique

8

Physiologie
Electrophysiologie
Neurophysiologie
Pathologie humaine
Pathologie végétale
Pathologie animale

9

Philosophie
Logique
Philosophie de la science

10

Psychologie animale
Psychologie humaine
Psychopathologie
Psychanalyse

11

Ethnologie
Civilisations primitives
Linguistique

12

Sociologie
Droit
Economie
Statistique

13

Cybernétique
Biométrie
Théorie de l'information

14

Histoire de la philosophie
Histoire des sciences
Histoire des mathématiques
Histoire des religions
Histoire des civilisations

15

Epistémologie
Culture encyclopédique

1

GREENBERG, M. J. - **Lectures on Algebraic Topology.** A vol. in-8, of x-236 pages, with figures. W. A. Benjamin, Inc., New York, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 10,00.

This text is intended for a first-year graduate course in algebraic topology and may be used as a supplement for a course in differential topology. It presents the basic material a graduate student should know for the Ph.D. qualifying examination in algebraic topology. The first part of the book treats elementary homotopy theory, and the second deals with singular homology theory. Part III is concerned with the orientability and duality properties of manifolds, and the fourth part presents the theory of products (Künneth formula, cross and slant products) and applies it to prove the Lefschetz Fixed Point Theorem for compact oriented manifolds. Emphasis throughout is on the functorial viewpoint which has begun to dominate all of modern mathematics. There are a large number of exercises which the student can use to test his understanding and further his knowledge. Numerous specific examples are worked out, and the more difficult problems have hints on methods of solution.

POLYA, G.- **Come risolvere i problemi di matematica.** Logica ed euristica nel metodo matematico. Un vol. in-8 (della *Collana di aggiornamento e didassi*, N. 11), di 252 pagine, con 31 figure. Feltrinelli Editore, Milano, 1967. Prezzo, non rilegato, L. 2.700.

Il volume del Polya è un saggio di metodologia euristica matematica e di indagine su alcuni processi tipici del pensiero. Opera interessante per gli studenti che hanno scelto la laurea didattica in matematica e i professori di tale materia che desiderano riflettere su questioni di metodo non disgiunte dagli aspetti psicopedagogici.

SOMMARIO. - *I: In classe. - II: La risoluzione. - III: Breve compendio di euristica. - IV: Problemi, suggerimenti, risoluzioni.*

RICHARDS, J. W. - **Interpretation of Technical Data.** A vol. in-8, of VI-196 pages, with many figures and many tables. Iliffe Books Ltd., London, 1967. Price, unbound, sh. 27.6. net in U.K. only.

Many techniques, drawn from algebra, geometry, statistics and dimensional analysis, can be of value in the interpretation of experimental or process data. While the technical student is introduced very quickly to the idea of relationships between variables, he is frequently given little help or instruction in the methods by which he can relate the variables in his own investigations. The understanding of graphical and algebraic relationships does not necessarily imply the ability to establish new relationships. when he is eventually faced with the need to correlate his own experimental results. This book shows, not only how an empirical equation may be obtained to fit data, but also how, in some cases, a rational equation may be derived. It presents, in one volume, some of the more useful techniques for correlation and curve-fitting, and shows how these methods may be used together. A wide variety of techniques is described. Although many of these will be found in other books, the intention has not been merely to present these again, but to show how the various methods can be used together, in order to obtain a valid and meaningful equation for a set of data. The methods given are all relatively simple to use, and the operations involved can be carried out using a desk calculator. Particular emphasis has been laid on the dangers of self-deception in correlating data. Not only is a chapter devoted to this aspect, but pitfalls are indicated and illustrated whenever possible throughout the book. In general, the examples given have been chosen to provide simple illustrations of the methods described for application particularly to data obtained from laboratory, pilot plant and chemical process work. The book will be particularly useful to engineers working in this field but will also serve as a reference source for science and engineering graduates.

(Suite 1)

CONTENTS. - *I: Fundamentals. - II: The Nature of Error. - III: Sources of Experimental Error. - IV: Determination of Laws-Two Variables. - V: Polynomial and Reciprocal Equations. - VI: Trigonometric and Hyperbolic Functions. - VII: The Method of Least Squares. - VIII: Correlation. - IX: More Than Two Variables. - X: Dimensional Analysis. - XI: Dimensionless Groups. - XII: The Hazards of Self-Deception.*

2

***. - **Electromagnetic Radiation in Space.** Proceedings of the Third ESRO Summer School in Space Physics, held in Alpbach, Austria, from 19 July to 13 August, 1965. Edited by J. E. EMMING. A vol. in-8 (Volume 9 of the *Astrophysics and Space Science Library*), of VIII-308 pages, with many figures and tables. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1967. Price, bound, Dfl. 58.

The subject of this volume in the Astrophysics and Space Science Library is Electromagnetic Radiation in Space. It is essentially based on the lectures given at the Third ESRO Summer School. The courses and seminars have been classified in three parts according to the kind of electromagnetic radiation they mainly deal with: Ultraviolet Radiation, X-Radiation and Cosmic Radiation. These three parts can be broken down further in theoretical and observational aspects, whereas in parts I and II solar as well as stellar ultraviolet and X-radiation can be distinguished. The various contributing scientists have been invited to revise the original manuscripts and eventually add new information which has been acquired in the last two years.

CONTENTS. - *Introduction to Astrophysics*, by H. C. VAN DE HULST. - I. Ultraviolet Radiation. *I: Theoretical Aspects of Stellar Ultraviolet Radiation*, by A. B. UNDERHILL. - *II: Ultraviolet Astronomy: Observational Aspects*, by R. WILSON. - *III: Observations of Solar Ultraviolet Radiation*, by H. E. HINTEREGGER. - *IV: Solar XUV Observations from Stabilized Skylark Rockets*, by R. WILSON. - *V: Overall Concept of the ESRO Astronomical Satellite*, by L. A. HUSAIN. - II. X-Radiation. *I: Theoretical Aspects of Solar X-Radiation*, by C. DE JAGER. - *II: Observations of Solar X-Rays*, by J. LABEYRIE. - *III: Observation of Stellar X-Ray Sources*, by B. ROSSI. - III. Cosmic Radiation. *I: Rayons Cosmiques et rayonnement synchrotron*, by J. LEQUEUX. - *II: Theoretical Aspects of Celestial Gamma-Rays*, by R. LÜST and K. PINKAU. - *III: Cosmic Radiation*, by P. L. MARSDEN. - *IV: Some Unresolved Problems in the Corpuscular Cosmic Radiation*, by B. PETERS. - *V: Celestial Gamma-Rays — Observational Aspects*, by G. W. HUTCHINSON. - *VI: Experimental Observations of Primary Cosmic Ray Electrons*, by L. SCARSI.

***. - **The Structure of the Quiet Photosphere and the Low Chromosphere.** Proceedings of the « Bilderberg » Conference held near Arnhem, Holland, April 17-21, 1967. Edited by C. DE JAGER. A vol. in-8, of IV-240 pages, with many figures and tables. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1968. Price, bound, Dfl. 30.

CONTENTS. - *I: The Bilderberg Model of the Photosphere and Low Chromosphere*, by O. GINGERICH and C. DE JAGER. - *II: Spectrum Measurements of the Sun near 1 cm Wavelength*, by D. H. STAELIN, N. E. GAUT, S. E. LAW, and W. T. SULLIVAN III. - *III: Observations of the Center-to-Limb Variation of the Solar Brightness in the Far Infrared (10 to 25 Microns)*, by P. J. LÉNA. - *IV: Observational Studies of the Solar Intensity Profile in the Far Infrared and Millimeter Regions*, by R. W. NOYES, J. M. BECKERS, and F. J. LOW. - *V: The High-Dispersion Continuous Ultraviolet Solar Spectrum and the Balmer-Jump*, by J. HOUTGAST. - *VI: Effects of Line Blanketing on the Solar Windows*, by D. CARBON, O. GINGERICH, and R. KURUCZ. - *VII: Limb-Darkening Observations between 1800 and 2900 Å*, by R. M. BONNET and J. E. BLAMONT. - *VIII: The Far Ultraviolet Spectrum of the Sun*, by O. GINGERICH and J. C. RICH. - *IX: The Solar Continuum from 900 to 130 000 Å and the Photospheric Temperature Model*, by A. SAUVAL. - *X: Comments on the Bilderberg Continuum Atmosphere*, by G. ELSTE. - *XI: A Simplified Model Solar Atmosphere*, by D. L. LAMBERT. - *XII: Center-to-Limb Analysis of the Solar Oxygen Lines*, by E. A. MÜLLER, B. BASCHEK, and H. HOLWEGER. - *XIII: The Center-*

(Suite 2)

Limb Behavior of Solar Molecular Lines, by G. L. WITHBROE. - *XIV: Source Functions in the Cores of Infrared Fraunhofer Lines*, by C. DE JAGER and L. NEVEN. - *XV: The Solar H and K Lines of Ionized Calcium*, by J. B. ZIRKER. - *XVI: Emission Cores in H and K Lines. I: The Optically Thick Chromosphere*, by R. G. ATHAY and A. SKUMANICH. - *XVII: Contribution à l'étude du spectre solaire de l'hydrogène*, by Y. CUNY.

***. - **Vistas in Astronomy.** VOLUME 9: **New Aspects in the History and Philosophy of Astronomy.** First Joint Symposium of the « International Astronomical Union » and the « Union Internationale d'Histoire et de Philosophie des Sciences », held at the University of Hamburg. Edited by A. BEER. A vol. in-8, of XVI-318 pages, with many figures and tables. Pergamon Press, Oxford, 1967. Price, bound, Lgs. 8.10.0.

This volume contains the Proceedings of the First Joint Symposium of the « International Astronomical Union » and the « Union Internationale d'Histoire et de Philosophie des Sciences », held at the University of Hamburg. The volume continues a highly successful series. It contains articles by internationally famous authors, and provides a complete survey of contemporary astronomy and its allied sciences — always emphasizing the lines along which research is particularly active at the moment, its new techniques and methods and their interaction with theoretical developments. Each article is designed to be a self-contained unit, and to add a new and significant facet to the whole. Since they combine each author's own researches with his views on the historical roots of his problem, and assess its new developments, these units also provide a systematic survey of unsolved questions and of « vistas » into the future beyond the limits of today.

CONTENTS. - *I: The Interaction between Instrumental and Scientific Progress in Astronomy. - II: Acta Astronomica. - III: Practical and Fundamental Problems of Astronomical Historiography.*

KOURGANOFF, V. - **Introduction à la théorie générale du transfert des particules.** Un vol. in-8, de XVI-200 pages, avec figures. Dunod, Paris, 1967. Prix, broché, 34 F.

Après une présentation de la nature physique du problème de transfert sur un modèle très simple et la description précise et détaillée des différentes grandeurs (concepts) servant à représenter un champ de particules mobiles, une partie importante de l'ouvrage est consacrée à la description des interactions d'un champ de particules mobiles avec les « éléments » macroscopiques d'un milieu matériel. Les concepts utilisés pour la description des interactions y sont présentés, ainsi que divers compléments sur le transfert du rayonnement, avec les particularités qui proviennent de l'existence de raies spectrales se greffant sur le spectre continu. Un chapitre traite de la solution formelle de l'équation de transfert. Une forme de l'équation intégrale de transfert est exposée, dont l'introduction en astrophysique pourrait s'avérer fort utile en présence de « géométries » plus complexes que celles étudiées jusqu'ici. Enfin, après « l'équation de diffusion », les effets mécaniques du rayonnement (pression de radiation) sont traités ainsi que ceux de la notion d'opacité en vue des applications à la théorie de la structure interne des étoiles et plus généralement en vue des applications à l'étude des plasmas denses. Représentant approximativement la moitié du programme du C4 d'astrophysique ou d'astronomie de la nouvelle maîtrise ès sciences, cet ouvrage devrait initier les étudiants et les chercheurs débutants et intéresser également des astrophysiciens « avancés ».

3

CAMIA, F. M. - **Traité de thermocinétique impulsionnelle.** Préface de M. VÉRON. Un vol. in-8, de XXVI-282 pages, avec 73 figures et XV tableaux. Dunod, Paris, 1967. Prix, relié, 86 F.

SOMMAIRE. - I. Le mur homogène. *I: Rappel de quelques généralités. - II: Généralités (suite). La série de Fourier. - III: L'équation impulsionnelle de la chaleur dans le*

(Suite 3)

mur. - IV: Les courbes impulsionnelles du mur infini et du mur fini. Signal thermique. - V: Les symétries dans le mur indéfini. - VI: Le créneau thermique. - VII: Quelques problèmes classiques en régime variable. - VIII: L'imposition d'une température variable. - IX: Les températures relatives, ou mesure entre deux thermocouples. - II. Les chemins thermiques simples, hétérogènes. *X: Les chemins thermiques hétérogènes. L'équation de Sturm-Liouville. - XI: Les chemins rectilignes rayonnants. - XII: Les chemins continus non rectilignes. - XIII: Conduction linéaire en milieu hétérogène continu. - XIV: Le mur hétérogène par discontinuité. - XV: Le chemin thermique hétérogène et discontinu.* - III. Les problèmes à plusieurs axes de référence. *XVI: Le solide fini et le choix des coordonnées. Fonctions U du Solide à n dimensions. - XVII: Quelques exemples d'application. - XVIII: Le solide hétérogène quelconque.* - IV. Généralisation et conclusions. *XIX: Essai d'unification. Introduction au calcul matriciel. - XX: L'équation impulsionnelle, le calcul électronique et les problèmes complexes. - XXI: Conclusions.*

COTTRELL, A. H. - **Le moderne teorie della scienza dei metalli.** Traduzione dall'inglese di P. SPINEDI. Prefazione di F. DE CARLI. Un vol. in-8, di VIII-322 pagine, con 96 figure. Casa Editrice Prof. Riccardo Pàtron, Bologna, 1968. Prezzo, non rilegato, L. 3.000.

SOMMARIO. - *I: La struttura dell'atomo. - II: Forze interatomiche e associazioni atomiche. - III: La struttura cristallina dei metalli. - IV: La teoria elettronica dei metalli: 1) La teoria degli elettroni liberi. - V: La teoria elettronica dei metalli: 2) La teoria delle zone. - VI: La teoria elettronica dei metalli: 3) Applicazioni. - VII: L'equilibrio chimico-fisico e la velocità con cui esso viene raggiunto. - VIII: Il comportamento termico dei metalli. - IX: La struttura delle fasi nelle leghe. - X: L'energia libera delle fasi nelle leghe. - XI: I diagrammi di equilibrio. - XII: La diffusione nei metalli e nelle leghe. - XIII: Le trasformazioni ordine-disordine nelle leghe. - XIV: La precipitazione delle fasi per nucleazione e accrescimento.*

CRANE, P. W. - **Worked Examples in Basic Electronics.** A vol. in-8, of x-282 pages, with many figures. Pergamon Press, Oxford, 1967. Price, bound, sh. 40.

This book is a revision and consolidation aid for students of electronics on Higher National Certificate (or Diploma) and City and Guilds courses. It will also be of use to those studying for certain parts of the examinations of the Institution of Electronic and Radio Engineers and of the Institution of Electrical Engineers.

CONTENTS. - *I: Derivation of Basic Formulae. - II: Networks and Circuits. - III: Electron Ballistics. - IV: Valve and Transistor Characteristics. - V: Low-Frequency Amplification. - VI: Radio-Frequency Amplification. - VII: Negative Feedback and Cathode Follower. - VIII: Oscillators. - IX: Transistors. - X: Electronics Measurements. - XI: Transmission Lines.*

DALLAPORTA, N. - **Istituzioni di fisica teorica.** Un vol. in-8, di XII-514 pagine, con 80 figure. Casa Editrice Prof. Riccardo Pàtron, Bologna, 1968. Prezzo, non rilegato, L. 3.500.

Il presente volume costituisce una nuova e più curata versione delle dispense relative al corso di Istituzioni di Fisica teorica, che l'Autore svolge da parecchi anni per gli studenti del 3° anno della laurea in Fisica presso l'Università di Padova. Gli argomenti trattati nel testo sono normalmente considerati come basi istituzionali propedeutiche alla Fisica teorica propriamente detta, e la loro importanza per la formazione dello studente di Fisica è generalmente riconosciuta da tutti.

SOMMARIO. - I. Meccanica classica. *I: Richiamo dei principi elementari. - II: Principi variazionali ed equazioni di Lagrange. - III: Forze centrali. - IV: Equazioni del moto di Hamilton. - V: Trasformazioni canoniche. - VI: Teoria di Hamilton-Jacobi. - VII: Piccole oscillazioni e teoria dei sistemi continui.* - II. Relatività ed elettromagnetismo.

(Suite 3)

VIII: La teoria della relatività. - IX: Campi elettromagnetici. - X: Descrizione del campo elettromagnetico tramite onde piane. - III. Meccanica ondulatoria. *XI: Le basi fisiche della meccanica quantistica. - XII: Le equazioni del moto in meccanica ondulatoria. - XIII: Applicazione dell'equazione di Schrödinger. - XIV: Metodi approssimati di risoluzione dell'equazione di Schrödinger per problemi statici. - XV: Metodi approssimati di risoluzione dell'equazione di Schrödinger per problemi dipendenti dal tempo.*

RICE, O. K. - **Statistical Mechanics, Thermodynamics and Kinetics.** A vol. in-8, of XIV-586 pages, with figures and tables. W. H. Freeman and Company, London, 1967. Price, bound, sh. 90.

In this textbook for senior and graduate-level courses, the author develops the principles of statistical mechanics in such a way as to bring out their physical meaning and to convey to the student a feeling for the subject rather than merely to provide him with a set of techniques. The book has been written with the chemistry student especially in mind, but it contains sufficient material to make it suitable as an introduction to the subject for undergraduate physics students as well. Because students who are majoring in chemistry are generally more familiar with thermodynamics than with probability theory, the author derives statistical mechanics from thermodynamics instead of following the more usual path of treating it as a new subject and deriving the laws of thermodynamics therefrom. He shows later, however, how the laws of thermodynamics follow from statistical mechanics. The book contains, in fact, a great deal of thermodynamics, expressed in the language of statistical mechanics, and a much greater proportion of reaction kinetics than is usual for books on statistical mechanics. Because the author assumes the elementary ideas of kinetics and stresses fundamentals, he is able to develop this subject more economically than is usual in books on kinetics.

CONTENTS. - *I: Introduction. - II: The Thermodynamic Approach to Statistical Mechanics* (1). - *III: The Thermodynamic Approach to Statistical Mechanics* (2). - *IV: The Third Law of Thermodynamics and the Statistical Definition of Entropy. - V: The Statistical Basis of Thermodynamics. - VI: Statistical Calculation of the Thermodynamic Functions for an Ideal Gas. - VII: Chemical Equilibrium. - VIII: Imperfect Gases: Classical Case. - IX: The Solid State. - X: The Grand Partition Function. - XI: Cluster Expansions for Imperfect Gases. - XII: Mixtures: Order-Disorder Phenomena. - XIII: The Liquid State. - XIV: Ideal Gases: Quantum Theory. - XV: Quantum Liquids. - XVI: Quantum Statistics. - XVII: Microscopic Reversibility, Approach to Equilibrium, and Irreversible Thermodynamics. - XVIII: Equilibrium Theory of Chemical Reaction Rates. - XIX: Recombination of Atoms and Dissociation of Diatomic Molecules. - XX: Unimolecular Reactions.*

SALMON, J. et GERVAT, A. - **Mécanique quantique.** TOME I: **Equations de Schröedinger. Applications.** TOME II: **Théorie des perturbations. Mécanique quantique relativiste.** Deux vols. in-8, de 354 et 224 pages, avec 69 et 30 figures. Masson & C.ie Editeurs, Paris, 1967. Prix, cartonné toile, 75 F. et 54 F.

Dans le cadre de ses activités scientifiques, le Conservatoire National des Arts et Métiers dispense un enseignement de Physique Approfondie destiné aux auditeurs désirant acquérir le diplôme d'ingénieur dans la spécialité physique. Afin de faciliter le travail de ceux-ci, le Professeur Salmon publie avec la collaboration de M. Gervat ce cours de « Mécanique Quantique ».

SOMMAIRE. - **Tome I.** *I: La mécanique classique du point matériel. - II: Eléments de dynamique analytique. - III: Ondes et particules. - IV: Introduction mathématique à la mécanique quantique. - V: Les conceptions fondamentales de la mécanique quantique. - VI: Etude générale de l'équation de Schröedinger. - VII: Etude d'un système de deux particules. - VIII: Etude de fonctions usuelles. - IX: L'atome d'hydrogène. - X: L'oscillateur harmonique. - XI: Mécanique quantique et physique nucléaire.* - **Tome II.** *I: Méthodes de résolution approximative de l'équation de Schröedinger. - II: Collisions entre particules. - III: Atome à un électron. - IV: Atomes à plusieurs électrons. - V: Théorie de la relativité restreinte. - VI: Mécanique quantique relativiste. - VII: Quantification du champ électromagnétique.*

(Suite 3)

SOULE, H. V. - **Electro-Optical Photography at Low Illumination Levels.** A vol. in-8, of XVIII-292 pages, with many figures and tables. John Wiley & Sons, Inc., London, 1968. Price, bound, sh. 150.

Electro-Optical Photography at Low Illumination Levels offers a virtually complete consultant service for low light level systems. This book should enable a reader, who has a low light level systems' problem, to determine which hardware would be practical to use and how well it would do the job. The book presents each potentially competitive instrument in an unbiased manner, evaluating and comparing the various important parameters. It includes detailed presentations of: the physical characteristics of both vacuum tube and solid state image intensifiers; the image intensifier camera and high speed television line scan recording techniques; neutron and x-ray through near infrared radiation conversion recording techniques and applications; and natural night radiation sources. An extensive appendix contains nomenclature identification and a summary of radiation conversion relationships.

CONTENTS. - *I: Survey of Electro-Optical Imaging. - II: Night Illumination. - III: Image-Intensifier Characteristics. - IV: Low Light Level Lens Systems. - V: Image-Intensifier Electronography. - VI: Low Light Level Television. - VII: Photographic Recording of Phosphor Displays. - VIII: Unique Television Recording Techniques. - IX: Image Recording Materials. - X: Low Light Level Instruments and their Applications. - XI: Physics of Low Light Level Electro-Optical Components. - XII: Comparison of Imaging Sensors. - XIII: Mathematical Analysis of Electronography. - XIV: Low Light Level Image Evaluation. - XV: Military Utility of Passive Night Imaging.*

SZ.-NAGY, B. et FOIAS, C. - **Analyse harmonique des opérateurs de l'espace de Hilbert.** Un vol. in-8, de XII-374 pages. Masson & C.ie, Paris, 1967. Prix, cartonné toile, 85 F.

Le but de cette monographie est de donner une exposition détaillée des informations sur une contraction T qu'on peut déduire à partir de sa dilatation unitaire, en réduisant de cette manière l'étude des opérateurs de type général à celle des opérateurs unitaires.

SOMMAIRE. - *I: Contractions et leurs dilatations. - II: Etude géométrique de la dilatation unitaire minimum. - III: Calcul fonctionnel: fonctions bornées. - IV: Calcul fonctionnel: fonctions bornées ou non. - V: Fonctions analytiques à valeurs opérateurs. - VI: Fonctions caractéristiques et modèles fonctionnels. - VII: Factorisations régulières de la fonction caractéristique et sous-espaces invariants. - VIII: Contractions faibles. - IX: Problèmes de similitude, de quasi-similitude et d'unicellularité.*

WEGRZYN, S. - **Calcul opérationnel en électrotechnique.** Préface de J.-CH. GILLE. Traduit avec le concours de P. LEPETIT. Un vol. in-8, de 294 pages, avec figures. Gauthier-Villars, Paris, 1967. Sans indication de prix.

Ce livre a pour but de présenter d'une manière aussi claire et simple que possible les principes fondamentaux du calcul opérationnel et de ses applications à l'étude des propriétés dynamiques des systèmes électriques.

SOMMAIRE. - *I: Les transformations de Laplace et de Carson-Laplace fondement du calcul opérationnel. - II: Forme opérationnelle des équations différentielles régissant les régimes transitoires des circuits électriques. - III: Forme opérationnelle des équations différentielles régissant les régimes transitoires dans les systèmes électromécaniques. - IV: Transformée inverse des fractions rationnelles. - V: Phénomènes transitoires dans les systèmes linéaires dans le cas d'excitation de valeur constante. - VI: Excitation d'un circuit électrique par une force électromotrice sinusoïdale. - VII: Enclenchement dans un circuit d'une tension variante arbitrairement. - VIII: Quelques propriétés de la transformation de Carson-Laplace. - IX: Fonctions plus compliquées, rencontrées dans les problèmes de lignes électriques. - X: Transformation de Carson-Laplace des fonctions de deux variables. - XI: Forme opérationnelle des équations définissant les phénomènes transitoires dans les lignes électriques. - XII: Transformation inverse appliquée aux problèmes de lignes électriques. - XIII: Régimes transitoires dans les lignes infiniment longues ou fermées sur leur résistance caractéristique. - XIV: Régimes transitoires dans les lignes de longueurs finies. - XV: Fonctions en escalier et équations aux différences. - XVI: Systèmes en chaîne.*

4

***. - **Nouveau Traité de Chimie Minérale.** Publié sous la direction de P. PASCAL. **Tome XV.** QUATRIÈME FASCICULE: **Uranium** (*compléments*), sous la direction de J. ELSTON et R. CAILLAT. Un vol. in-8, de XLII-1214 pages, avec 530 figures et CCLIX tableaux. Masson et C.ie, Editeurs, Paris, 1967. Prix, cartonné toile, 350 F.

Depuis la parution des deux premiers fascicules du tome XV de ce Traité, les nombreux travaux des laboratoires de recherches ont contribué à l'amélioration des connaissances concernant les propriétés de l'uranium et de ses composés, en particulier dans les domaines intéressant les applications nucléaires. La troisième conférence internationale des Nations Unies sur l'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques, tenue à Genève en septembre 1965, a permis de rassembler les résultats obtenus et de situer les possibilités pratiques actuelles de la fission de l'uranium comme source d'énergie. Dans ces conditions, il a semblé nécessaire d'apporter dès maintenant par ce 4e fascicule un complément au tome XV du Nouveau Traité de Chimie Minérale de P. Pascal. Le plan de ce nouveau volume s'inspire de celui des deux premiers fascicules, consacrés à l'uranium. Quelques modifications ont dû, cependant, être apportées pour tenir compte de l'évolution rapide de certains aspects des sujets traités. Ce quatrième fascicule est ainsi formé des quatre parties ou sections suivantes: — l'uranium: état naturel et préparation; — l'élément et le métal; — combinaisons de l'uranium; — applications nucléaires. En tête de chaque chapitre (mises à part quelques exceptions destinées à éviter un alourdissement de l'exposé), les principaux résultats des fascicules 1 et 2 ont été rappelés succinctement, afin de situer les compléments apportés. Il a semblé, d'autre part, pratique de disposer dans un même chapitre des valeurs des propriétés physiques de l'uranium; c'est pourquoi, la plupart de celles déjà citées en 1960 ont été reprises dans ce nouveau volume. Pour permettre d'avoir aisément une vue d'ensemble de la répartition des différents sujets traités dans les fascicules 1, 2 et 4 et afin de faciliter l'utilisation du tome XV au lecteur intéressé par une question particulière concernant l'uranium, une table de correspondance a été établie. Il est ainsi possible de retrouver très rapidement dans les fascicules 1 ou 2 les pages correspondant à chacun des chapitres de ce fascicule 4. Un fascicule 5 complètera le troisième fascicule déjà paru et réservé au plutonium et aux transuraniens. A noter toutefois que les dangers présentés par la manipulation du plutonium et des transuraniens sont exposés dans le dernier chapitre du fascicule 4.

ARDITTI, G. - **Technologie chimique industrielle.** TOME II: **Les transferts de matière sans intervention de la chaleur. Les modes de transmission de la chaleur.** Un vol. in-8, de 264 pages, avec 178 figures et XI tableaux. Editions Eyrolles, Paris, 1968. Prix, relié, 65 F.

Alors que le premier tome traitait des opérations fondamentales de l'industrie chimique, permettant de séparer certains mélanges à l'aide de procédés purement mécaniques, ce second volume concerne: — les transferts de matière ne nécessitant pas d'intervention thermique; — les modes de transfert de la chaleur. Il est rédigé dans le même esprit que le précédent: l'étude de chaque opération commence toujours par le rappel des lois qui sont à la base des procédés décrits; elle se poursuit par la classification des techniques utilisées, pour se terminer par la description des appareils les plus caractéristiques et par l'exposé de leur fonctionnement. Les opérations fondamentales comportant un transfert simultané de matière et de chaleur seront étudiées dans un troisième volume. L'ouvrage de M. Arditti est destiné aux élèves-ingénieurs et aux étudiants techniciens chimistes des Ecoles et des Instituts Universitaires de Technologie. Il sera en outre utile aux ingénieurs désirant se « recycler ».

SOMMAIRE. - I. Transferts de matière sans intervention de la chaleur: *I: Les transferts de matière. - II: L'extraction par solvant. - III: Extraction solide-liquide. - IV: Extraction liquide-liquide. - V: Absorption des gaz. - VI: Adsorption.* - II. Modes de transmission de la chaleur. *VII: Transmission de la chaleur.*

5

***. - **Diagenesis in Sediments.** Edited by G. LARSEN and G. V. CHILINGAR. A vol. in-8 (of the Series *Developments in Sedimentology*, N. 8), of VIII-552 pages, with 146 figures and XLV tables. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1967. Price, bound, Dfl. 87,50.

The work opens with a general outline of the processes of diagenesis, describing them in terms of physics and chemistry. There follows an explanation of the diagenetic evolution, ranging from the syndiagenetic stage (including halmyrolysis, initial phase and early burial phase), to anadiagenesis (the deep burial phase which may pass into metamorphism), and epidiagenesis (the final emergent phase which may pass into weathering). The succeeding chapters describe diagenetic features related to the different types of sedimentary material. This work will be of particular interest to many geologists, but primarily to sedimentologists and economic geologists, especially those involved in petroleum or mining.

CONTENTS. - *I: Introduction*, by G. LARSEN and G. V. CHILINGAR. - *II: Phases of Diagenesis and Authigenesis*, by R. W. FAIRBRIDGE. - *III: Diagenesis of Sandstones*, by E. C. DAPPLES. - *IV: Diagenesis in Argillaceous Sediments*, by G. MÜLLER. - *V: Diagenesis of Carbonate Rocks*, by G. V. CHILINGAR, H. J. BISSELL and K. H. WOLF. - *VI: Silica as an Agent in Diagenesis*, by E. C. DAPPLES. - *VII: Diagenesis of Organic Matter*, by E. T. DEGENS. - *VIII: Diagenesis of Coal (Coalification)*, by M. TEICHMÜLLER and R. TEICHMÜLLER. - *IX: Diagenesis in Sedimentary Mineral Deposits*, by G. C. AMSTUTZ and L. BUBENICEK. - *X: Diagenesis of Subsurface Waters*, by E. T. DEGENS and G. V. CHILINGAR. - *XI: Interstitial Solutions and Diagenesis in Sediments*, by W. VON ENGELHARDT. - *XII: Concluding Remarks on Diagenesis*, by G. LARSEN and G. V. CHILINGAR.

***. - **The Bering Land Bridge.** Edited by D. M. HOPKINS. A vol. in-8, of XVI-496 pages, with many figures and tables. Stanford University Press, Stanford, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 18,50.

For the first time the data of geology, oceanography, paleontology, plant geography, and anthropology are brought together in one volume to focus upon the problems and the lessons of Beringia. Most of the papers, by American, Russian, Icelandic, German, English, and Canadian specialists, were originally prepared for a symposium at the VII Congress of the International Quaternary Association held in September 1965. For this volume the papers have been revised, translated, and illustrated, and also new material has been added. The editor has prepared an extensive synthesis of the information presented in the papers. The book is organized in four subject groups; geology, past environments, fossil evidence of migrations, and biographic reconstructions of migrations through Beringia.

CONTENTS. - *I: Introduction*, by D. M. HOPKINS. - *II: Geology of the Floor of Bering and Chukchi Seas. American Studies*, by J. S. CREAGER and D. A. MCMANUS. - *III: Late Quaternary Sediments of Bering Sea and the Gulf of Alaska*, by D. E. GERSHANOVICH. - *IV: Quaternary Marine Transgressions in Alaska*, by D. M. HOPKINS. - *V: Quaternary Geology of the Alaskan Shore of Chukchi Sea*, by D. S. MCCULLOCH. - *VI: Quaternary Geology of Western Seward Peninsula, Alaska*, by D. L. SAINSBURY. - *VII: Paleogeography of Chukotka During Late Neogene and Quaternary Time*, by O. M. PETROV. - *VIII: Radiocarbon Chronology in Siberia*, by N. V. KIND. - *IX: Neogene and Early Quaternary Vegetation of Northwestern North America and Northeastern Asia*, by J. A. WOLFE and E. B. LEOPOLD. - *X: Quaternary Vegetation History of Arctic Alaska*, by P. A. COLINVAUX. - *XI: Vegetation of Eastern Siberia During the Anthropogene Period*, by R. E. GITERMAN and L. V. GOLUBEVA. - *XII: Distribution, Ecology, and Cytology of the Ogotoruk Creek Flora and the History of Beringia*, by A. W. JOHNSON and J. G. PACKER. - *XIII: Mammal Remains of Pre-Wisconsin Age in Alaska*, by T. L. PÉWÉ and D. M. HOPKINS. - *XIV: On the Origin of the Mammalian Fauna of Canada*, by C. C. FLEROW. - *XV: The Effect of the Bering Land Bridge on the Quaternary Mammalian Faunas of Siberia and North America*, by E. A. VANGENGEIM. - *XVI: Palearctic-Nearctic Mammalian Dispersal in the Late Cenozoic*, by C. A. REPENNING. - *XVII: The Stra-*

(Suite 5)

tigraphy of Tjörnes, Northern Iceland, and the History of the Bering Land Bridge, by T. EIRNASSON, D. M. HOPKINS and R. R. DOELL. - *XVIII: Cenozoic Migrations of Marine Invertebrates Through the Bering Strait Region*, by J. W. DURHAM and F. STEARNS MAC NEIL. - *XIX: Marine Mammals and the History of Bering Strait*, by V. B. SCHEFFER. - *XX: Depth Changes in Bering Sea During the Upper Quaternary as Indicated by Benthonic Foraminifera*, by H. M. SAIDOVA. - *XXI: Diatom Floras and the History of Okhotsk and Bering Seas*, by A. P. JOUSÉ. - *XXII: On Migrations of Hunters Across the Bering Land Bridge in the Upper Pleistocene*, by H. MÜLLER-BECK. - *XXIII: Human Migration and Permanent Occupation in the Bering Sea Area*, by W. S. LAUGHLIN. - *XXIV: The Cenozoic History of Beringia. A Synthesis*, by D. M. HOPKINS.

BEUTELSPACHER, H. and VAN DER MAREL, H. W. - **Atlas of Electron Microscopy of Clay Minerals and their Admixtures.** A Picture Atlas. A vol. in-4, of XII-334 pages, with 262 figures. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1968. Price, bound, Dfl. 110.

The large number of clay minerals which are found in soils make it vitally necessary to identify them precisely. This fully bilingual volume comprises an up-to-date review of the present state of research in electron microscopy of clay minerals and their admixtures. The atlas is based on a study of samples from a great many countries, and classical localities, and of some particular sediments. About 260 pictures are given, selected from a total of some 4000 samples. Small variations in the behaviour of a mineral during certain methods of analyses are caused by small variations in chemical composition, particle size, structure, etc. One method may better distinguish these small variations than another, thereby identifying the mineral. While this atlas focuses attention upon the electron-microscopy technique, the authors will subject the same samples to infrared, X-ray, and differential-thermal analysis in future volumes. This bold project, the findings of which are based on standardized samples, is a valuable contribution to the field of clay-mineral identification. The atlas will be of great value to soil scientists, clay mineralogists, mineralogists, ceramists, civil engineers, mining engineers, soil surveyors, geologists, sediment petrographers, agricultural chemists, and students and teachers of soil science.

LEGRAND, Ch. - **La radiocristallographie.** Un vol. in-16 (de la collection « *Que sais-je?* », N. 1243), de 128 pages, avec 54 figures. Presses Universitaires de France, Paris, 1967. Prix, broché, 3 F.

SOMMAIRE. - I. Généralités sur l'état cristallin. *I: La loi d'Haüy. - II: La notion de réseau. - III: Les 14 réseaux de Bravais. - IV: Symétries dans les cristaux. Classes de symétrie. - V: Les 32 classes de symétrie. - VI: Les groupes spatiaux. - VII: Le réseau réciproque.* - II. Nature des rayons X. *I: Production des rayons X. - II: Absorption des rayons X. - III: Quelques données sur les tubes à rayons X. - IV: Détection des rayons X.* - III. Diffraction des rayons X. *I: Diffusion des rayons X par les électrons. - II: Diffusion des rayons X par les atomes. - III: Interprétation de la diffraction des rayons X dans l'espace réciproque. - IV: Intensité des faisceaux diffractés.* - IV. Application de la diffraction des rayons X. *I: Diagrammes de diffraction de cristaux uniques. - II: La méthode de Laüe. - III: Les poudres microcristallines. - IV: Interprétation des diagrammes D.S. - V: Intensité des raies des diagrammes D.S.* - V. Méthodes expérimentales. *I: Les montages à focalisation. - II: Emploi d'une radiation strictement monochromatique. - III: Les diffractomètres à compteur. - IV: Comparaison entre la méthode photographique et celle du diffractomètre. - V: Remarques sur l'emploi de la méthode Debye et Scherrer.* - VI. Utilisation des diagrammes Debye et Scherrer. *I: Analyse quantitative. - II: Perfection cristalline. - III: Rôle de la granulométrie. - IV: Orientations préférentielles.*

SWAIN, F. M. - **Ostracoda from the Gulf of California.** A vol. in-8 (Memoir N. 101), of X-140 pages, with 58 figures, II tables and IX plates. The Geological Society of America, Inc., New York, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 6,75.

(Suite 5)

This paper describes and illustrates 91 species of Recent Ostracoda from the Gulf of California; 42 species are newly described, 34 are previously described, and 15 are not given specific assignment.

CONTENTS. - *I: Abstract. - II: Introduction. - III: Distribution of Ostracoda in Gulf of California. - IV: Systematic Descriptions. - V: References Cited. - VI: Explanation of Plates. - VII: Index.*

WEGENER, A. - **The Origin of Continents and Oceans.** Translated from the Fourth Revised German Edition by J. BIRAM with an Introduction by B. C. KING. A vol. in-8, of XXX-248 pages, with 63 figures. Methuen & Co. Ltd., London, 1967. Price, bound, sh. 30 net in U.K. only.

An important group of problems that faces modern geologists is how to explain parallel formations that are separated by great distances of sea; accounting for isolated life forms in widely separated areas (such as lemurs in Madagascar and India); explaining pre-pleistocene glaciations, and similar problems. The usual explanation has been to assume the one-time existence of land bridges or parallelisms or diffusion with lost intermediary steps. In 1915, however, one of the most influential and most controversial books in the history of science provided a new solution. This was Alfred Wegener's *Entstehung der Kontinente*, which dispensed with land bridges and parallel evolutions and offered a more economical concept. Wegener proposed that in the remote past the earth's continents were not separate, but formed one supercontinent which later split apart, the fragments gradually drifting away from one another. Wegener then explained various phenomena in historical geology, geomorphology, palaeontology, palaeoclimatology and similar areas of science in terms of this continental drift. To back up his revolutionary theory he drew upon a seemingly inexhaustible fund of data. Later editions of his book added new data to refute his opponents or to strengthen his own views in the violent scientific quarrel that arose. Even today this important question remains undecided, and geologists are divided into strongly opposed groups about the Wegener hypothesis. At the moment it seems to be gaining steadily in acceptance. It is one of the two basic theories of earth history, and since it has often been misrepresented in summary, every earth scientist owes it to himself to examine its theories and data. The only English language edition, the 3rd, has long been unobtainable. The present edition is newly translated from the 4th.

6

COLOSI, G. - **Zoologia e Biologia generale.** Seconda Edizione con la collaborazione di B. BACCETTI, M. F. CANELLA, F. PAPI e L. PARDI. Due Volumi in-8, di XXXIV-1880 pagine, con 1472 figure e II tavole fuori testo complessivamente. Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino, 1967. Prezzo dei due Volumi, rilegati, Lire 30.000.

SOMMARIO. - **Volume Primo.** I. Gli organismi e le basi fisiche e chimiche della vita. *I: Caratteri essenziali degli organismi. - II: La biosfera. - III: Stato fisico della materia nei corpi viventi. - IV: Costituenti chimici degli organismi. - V: Il flusso della materia e dell'energia a traverso il mondo vivente.* - II. Struttura e funzioni dei corpi organizzati. *I: I territori viventi e l'organizzazione. - II: Alcune manifestazioni di attività cellulare. - III: Moltiplicazione delle cellule. - IV: Complicazione degli organismi. - V: Promorfologia. - VI: Gli apparati organici degli animali.* - III. Moltiplicazione e riproduzione. *I: Riproduzione. - II: Meiosi. - III: Generazione merogenetica. - IV: Generazione sessuale.* - IV. I processi dello sviluppo individuale degli animali. *I: L'ontogenesi. - II: La blastogenesi. - III: Durata della vita.* - V. La specie e l'ereditarietà dei caratteri. *I: La specie. - II: Ereditarietà dei caratteri somatogeni. - III: Il genoma. - IV: Le mutazioni. - V: Compatibilità somatica e compatibilità germinale. - VI: Ibridi intraspecifici. - VII: Realizzazione del fenotipo. - VIII: Ibridi interspecifici. - IX: Ibridi stabilizzati. - X: Chimere e burdoni.* - VI. I tipi del regno animale. - **Volume Secondo.** VI. Tipi del regno animale (continua-

(Suite 6)

zione). - VII. Gli ambienti biologici ed il comportamento degli animali. *I: I limiti dell'abilità degli ambienti. - II: I domini ecologici. - III: Rapporti tra individui della medesima specie. - IV: Rapporti tra individui di specie diverse. - V: Etologia.* - VIII. Distribuzione geografica degli animali. *I: Zoogeografia. - II: Regioni zoogeografiche terrestri. - III: Regioni zoogeografiche marine.* - IX. Lo sviluppo del mondo vivente. *I: Le prove dell'evoluzione. - II: Teorie evoluzionistiche. - III: Le correlazioni tra le parti. - IV: L'idoneità all'ambiente. - V: Il problema biogeografico. - VI: Origine della vita.*

DE LATTIN, G. - **Grundriss der Zoogeographie.** Ein Band in-8, von 602 Seiten, mit 170 Abbildungen und XXV Tabellen im Text. Veb Gustav Fischer Verlag, Jena, 1967. Preis, geb., DM 68.

INHALT. - *I: Einleitung. - II: Allgemeine Grundlagen der Zoogeographie. - III: Zoogeographie des Meeres. - IV: Zoogeographie der Binnengewässer. - V: Zoogeographie der Landfauna. - VI: Faunenelemente und deren Bedeutung für die allgemeine Problematik der kausalen Zoogeographie. - VII: Die geographische Verteilung von Erbstrukturen. - VIII: Schlusswort. - IX: Literatur-Verzeichnis. - X: Tabellarische Übersicht über die zitierten Taxa. - XI: Register.*

RUSCONI, C. - **Animales extinguidos de Mendoza y de la Argentina.** Un vol. in-8, de 490 paginas, con 276 figuras y 46 laminas. Museo de Historia Natural Juan C. Moyano, Mendoza, 1967. Sans indication de prix.

INDICE. - *I: Origen de esta obra. - II: Vida pretérita en las montañas. - III: Origen de nuestras faunas terciarias. - IV: Principios de classificación y jerarquia de los grupos zoológicos. - V: Cómo se descubren los restos fósiles. - VI: La fosilización y aspectos distintos de sedimentación. - VII: Algunas caracteristicas y propriedades del hueso fósil. - VIII: Primeros vertebrados. Condiciones ecológicas y reedeposición. - IX: Origen de la vida. - X: Períodos geológicos y su antigüedad relativa. - XI: Geología mendocina. - XII: Invertebrados. - XIII: Artropoda. - XIV: Vertebrata. - XV: Orden Ichthyosauria. Fam. Ancanamunidae. Los ictiosaurios. - XVI: Clase: Aves. - XVII: Tipo Mammalia. - XVIII: Sub Clase: Euteria. Orden Insectívora. - XIX: Monos y hombres. - XX: Superorden Bruta. Orden Anicanodonta. - XXI: Orden Daspoda. - XXII: Orden Rodentia. - XXIII: Orden Carnívora. Fam. Cánidae. Los cánidos. - XXIV: Superorden Notoungulata. - XXV: Orden Proboscidea. - XXVI: Orden Perissodactyla. Suborden Hippomorpha. - XXVII: Preservación de la fauna indígena.*

WISCHNITZER, S. - **Atlas and Dissection Guide for Comparative Anatomy.** A vol. in-8, of XIV-178 pages, with many figures and tables. W.H. Freeman and Company, London, 1967. Price, unbound, sh. 36.

This manual is more comprehensive and more flexible than the currently available separate atlases, dissection guides, and unlabelled drawing books covering individual animal forms. It is both an atlas and a dissection guide, and it covers all four animal forms commonly studied in comparative anatomy courses: Amphioxus, dogfish shark, mud puppy (Necturus), and cat. Each exercise deals with a specific animal system and is available either in the complete bound manual or as a loose-leaf separate. Thus, although the material in the book appears in the traditional sequence, surveying all of the systems for each form in its entirety, the individual exercises may be arranged into systemic units so that the instructor may use the comparative approach if he prefers this method for his course.

CONTENTS. - I. Anatomy of Amphioxus. *I: Morphology.* - II. Anatomy of the Dogfish Shark. *I: External Morphology. - II: Skeletal System. - III: Muscular System. - IV: Digestive and Respiratory Systems. - V: Circulatory System. - VI: Urogenital System. - VII: Sense Organs. - VIII: Nervous System.* - III. Anatomy of the Mud Puppy Necturus. *I: External Morphology. - II: Skeletal System. - III: Muscular System. - IV:*

(Suite 6)

Digestive and Respiratory Systems. - V: Circulatory System. - VI: Urogenital System. - VII: Sense Organs and Nervous System. - IV. Anatomy of the Cat. *I: External Morphology. - II: Skeletal System. - III: Muscular System. - IV: Digestive and Respiratory Systems. - V: Circulatory System. - VI: Urogenital System. - VII: Endocrine System and Sense Organs. - VIII: Nervous System.*

7

***. - **Comprehensive Biochemistry.** Edited by M. FLORKIN and E. H. STOTZ. **Volume 20: Metabolism of Cyclic Compounds.** A vol. in-8, of XIV-542 pages, with 135 figures and XXXIV tables. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1968 Price, bound, Dfl. 75.

This volume on *Metabolism* amply illustrates the great strides made in studies of the biosynthesis of complex specialized organic substances from smaller units derived particularly from carbohydrates and amino acids. Authored by H. J. Nicholas, the first chapter deals with the biosynthesis, but also briefly with distribution and function of isoprenoid compounds — vitamins A and K, tocopherols, ubiquinones, plastoquinones, carotenoids, and specialized insect and plant hormones — and concludes with a consideration of the action of certain steroids at the genetic level. D. B. Gower reviews the metabolic interrelations among the steroid hormones and bile acids, their conjugation processes and excretion, along with our present knowledge of the various enzyme systems involved for hydroxylation and dehydrogenation reactions of the steroid nucleus. The following three chapters present reviews of the metabolism of flavonoids (DeEds), tannins (Roux), and lignins (Schubert). The mechanisms of building large complex molecules from relatively simple precursors characterize these chapters. An extensive chapter on the biosynthesis of alkaloids is organized on the basis of the carbohydrate and amino acid precursors, and draws heavily from isotope studies as to the probable mechanisms of synthesis. The final chapter by Bentley and Campbell on secondary metabolism of fungi emphasizes the concept, mechanisms, regulation, and role of secondary metabolism as illustrated in production of metabolites by fungi, with considerable attention to the enzymes and organic reaction mechanisms involved. Of interest to: Biochemists, organic chemists, biologists, and all university and industrial laboratories in the field of biochemistry.

8

GRUNBERG, M. - **Foyers d'infection et leurs maladies satellites.** Etude radiologique et radiothérapique. Préface de G. CAMBRELIN. Postface de J. LUSTIG. Un vol. in-8, de 206 pages, avec 131 figures. Librairie Maloine S.A., Paris, 1967. Prix, relié, 80 F.

Ce nouveau livre se base sur une méthode scientifique approfondie et fondée. L'auteur a entrepris ses recherches en partant de connaissances extraordinaires en radiodiagnostic et radiothérapie. La science de l'étude des foyers mérite l'utilisation de tous les éléments nouveaux qui confirment des faits déjà connus depuis la plus haute Antiquité. Ce livre est destiné à tous les médecins qui s'intéressent aux problèmes des foyers d'infection; il leur est possible, soit seuls, soit assistés d'un radiologue, d'entreprendre la recherche systématique des foyers. Les illustrations présentées ne sont choisies qu'à titre d'exemples, car il ne peut s'agir d'un Traité de l'ensemble de la recherche des foyers d'infection. Entre le foyer et ses conséquences, maladies secondaires ou maladies à distance, les rapports ne sont pas encore complètement élucidés; c'est pourquoi il a été choisi, comme hypothèse de travail, l'expression « maladies satellites », qui désigne la recherche des foyers encerclant ces maladies, à la manière d'un satellite se déplaçant sur une orbite péri-terrestre. C'est la radiologie qui est ici la spécialité la plus fructueuse, comme il le sera largement démontré; la radiothérapie anti-inflammatoire a été employée avec les meilleurs résultats, car dans la plupart des cas, il existait une résistance aux différents antibiotiques.

(Suite 8)

SOMMAIRE. - *I: Introduction. Historique. - II: Les bases d'une recherche systématique des foyers. - III: Qu'entend-on par maladies satellites? - IV: Technique. - V: L'état actuel de la recherche des foyers. - VI: Description des clichés. - VII: Le traitement radiothérapique des foyers.*

HEGNAUER, R. - **Chemotaxonomie der Pflanzen.** Eine Übersicht über die Verbreitung und die systematische Bedeutung der Pflanzenstoffe. BAND 4: **Dicotyledoneae: Daphniphyllaceae-Lythraceae.** Ein Band in-8, von 552 Seiten, mit CIII Tabellen. Birkhäuser Verlag, Basel, 1966. Preis, geb., sFr. 106.

Im 4. Band der Chemotaxonomie wird die Besprechung der Familien der Dikotyledonen fortgesetzt. Die Nachträge wurden am 30. Oktober 1965 abgeschlossen. Die letzte berücksichtigte Nummer der Chemical Abstracts ist Nummer 8 des 63. Jahrganges. Wie in den früheren Bänden wurden die Nachträge vollständig im Index verarbeitet, so dass unter den Familien-, Genus- oder Artnamen die für bestimmte Sippen gebrachten Angaben ohne Schwierigkeiten gefunden werden können. Bei Verweisung nach früher bereits erwähnter Literatur wurde wie bisher vorgegangen: Im Abschnitt B des I. Bandes der Chemotaxonomie aufgeführte Werke: z.B.l.c. B 3.01. - In einem der vorangehenden Bände der Chemotaxonomie zitierte Literatur: z.B. BATE-SMITH l.c. Bd. 3, S. 40. - Im vorliegenden 4. Bande an früherer Stelle bereits zitierte Literatur: z.B. vgl. S. 90 oder l.c. S. 90. - Gegen Ende der Bearbeitung der Manuskripte für den vorliegenden Band erschien der 2. Band von A. ENGLERS Syllabus der Pflanzenfamilien (12. Auflage, Berlin 1964). In den Abschnitten « Systematische Gliederung » und « Schlussbetrachtungen » konnte deshalb nur ausnahmsweise noch auf diese systematische Neubearbeitung der Ordnungen und Familien der Dikotyledonen Bezug genommen werden.

QUENTIN, P. - **Réalités homéopathiques.** Les remèdes. Un vol. in-8, de 140 pages. Librairie Maloine S.A., Paris, 1967. Prix, broché, 12 F.

SOMMAIRE. - *I: Qu'est-ce que l'Homéopathie? - II: Le remède homéopathique: définition et pharmacologie. - III: Le remède homéopathique: remède lésionnel. - IV: Remèdes homéopathiques d'infection. - V: Remèdes homéopathiques organo-fonctionnels. Pathologie infantile. Les trois constitutions homéopathiques. Remèdes psycho-fonctionnels. Remèdes vago-régulateurs. Asthme et Homéopathie.*

ROBERT, H. G. - **Les organes artificiels.** Préface de J.-L. LORTAT-JACOB. Un vol. in-16 (de la collection « *La Science Vivante* »), de VIII-148 pages, avec 25 figures. Presses Universitaires de France, Paris, 1967. Prix, broché, 12 F.

C'est un livre exact, précis, à la portée de tout lecteur attentif qu'intéressent ces problèmes « à la mode ». Mais pour simplifié qu'il soit, l'élément scientifique véritable est intact. La culture générale de l'auteur et son expérience lui ont permis un survol sans tricherie ni dérobabe. Les suppléances plastiques, prothétiques, et par régulateurs, ont été largement exposées et la synthèse de ces problèmes a été faite avec la plus grande clarté. Quant aux greffes, leurs problèmes techniques et immunologiques font l'objet d'une véritable mise au point de la question à ce jour. La tenue de l'exposé pourrait être celle d'un cours post-universitaire pour médecins dont le diplôme « date », désireux de s'informer.

SOMMAIRE. - *I: Les plasties. - II: Les prothèses. - III: Les régulateurs internes. - IV: Les greffes. - V: La morale et les organes artificiels.*

STEPHANI, A. - **Précis de technique radiographique.** Préface de G. LEDOUX-LEBARD. Un vol. in-8, de 380 pages, avec 328 figures. Librairie Maloine S.A., Paris, 1967. Prix, broché, 86 F.

(Suite 8)

Ce livre s'adresse aussi bien au radiologue débutant ou à l'interniste désirant s'initier à la radiologie, qu'au technicien radiographe; et même le radiologue accompli s'y référera fréquemment dans la pratique. Aussi ce livre figurera-t-il utilement dans la bibliothèque de chaque radiologue et de chaque institut de radiologie. La description de dispositifs nouveaux ou de techniques peu connues incitera peut-être certains à entreprendre des recherches afin de les mettre au point et d'en généraliser l'emploi, sinon même d'en imaginer d'inédits. Enfin, ce livre sera un conseiller utile pour quiconque envisage de monter une installation de radiodiagnostic, en le guidant dans le choix de l'appareillage en fonction de ses besoins et de ses disponibilités.

SOMMAIRE. - I. La physique des rayons X. *I: Les rayons X. - II: Les rayons X et la matière. - III: Les effets biologiques de la matière. La protection.* - II. L'appareillage radiologique et son maniement. *I: L'électricité. Transformateurs et redresseurs. - II: Le générateur. - III: Le pupitre de commande. - IV: Le tube radiogène. - V: Les accessoires du tube radiogène. Les supports du patient. - VI: Le rayonnement diffusé et ses palliatifs. - VII: La prise des radiographies.* - III. La partie photographique. *I: Le film radiographique. Les écrans renforçateurs. - II: Le développement.* - IV. Les techniques dérivées. *I: Techniques radiographiques spéciales. - II: La radioscopie. - III: Techniques dérivées de la radioscopie.*

9

VAIHINGER, H. - **La filosofia del « come se ».** Sistema delle finzioni scientifiche, etico-pratiche e religiose del genere umano. Traduzione dal tedesco di F. VOLTAGGIO. Un vol. in-8 (della collana « *Le Grandi Opere* »), di 308 pagine. Ubaldini Editore, Roma, 1967. Prezzo, rilegato, L. 4.000.

I problemi che Vaihinger affronta in questo libro non costituiscono affatto un oggetto delle diverse, specifiche scienze, nonostante si possano mostrare i vantaggi che esse hanno ricavato dalla soluzione di quelli; il libro, infatti, fu scritto da Vaihinger per tutti gli uomini pensanti, e come tale, con spregiudicata audacia, muove all'assalto dei più elevati ed importanti problemi del pensiero, della fede e della conoscenza dell'uomo. Il contenuto di questo testo è diretto a chiunque veda dei problemi nel mondo, nella vita, nella religione, nella moralità, nell'estetica, e non si stanchi di scrutare gli abissi ai quali il pensiero conduce. Il testo originale (cui si rifà questa edizione) contiene una quantità di parti, le quali, anche se permettono allo specialista di constatare, con la più perspicua evidenza, le conseguenze di un pensiero, sono tuttavia più o meno prive di interesse per il profano, ostacolando la facilità della lettura e la chiara comprensione del testo, dal momento che, come pure e semplici esplicitazioni di carattere storico e a contenuto specialistico, interrompono il filo conduttore del discorso. Sono state tolte dalla presente edizione, pertanto, tali parti, semplificando il testo, già di per sé di facile ed attraente lettura, in modo da dare più nitido risalto alle grandi linee. In conclusione l'opera è così più accessibile ad un più vasto pubblico di lettori, pur mantenendo inalterata la sua struttura.

11

BEUERMANN, A. - **Fernweidewirtschaft in Südosteuropa.** Ein Beitrag zur Kulturgeographie des östlichen Mittelmeergebietes. Ein Band in-8, von 264 Seiten, mit 14 figuren, XXII Karten und 62 Abbildungen. Georg Westermann Verlag, Braunschweig, 1967. Preis, geb., DM. 87.

INHALT. - I. Einleitung. *I: Problemstellung. - II: Definitorische Klärung der Hauptbegriffe: Almwirtschaft, Transhumance, Nomadismus usw. und ihre besonderen Bedingungen in Südosteuropa. - III: Der Naturraum als Grundlage der Weidewirtschaft.* - II. Weidewirtschaftliche Nutzung des dinarischen und Nordmakedonischen Gebirgsraumes.

(Suite 11)

IV: Die Almwirtschaft. - V: Die Transhumance in Südosteuropa. - VI: Nomadische Charakterzüge innerhalb der Fernweidewirtschaft des dinarischen Gebirgsraumes. - VII: Der Einfluss der Grenzverschiebungen auf die Fernweidewirtschaft des dinarisch-makedonischen Raumes. - III. Die Fernweidewirtschaft im griechischen Mittelmeergebiet. *VIII: Skizze der historischen Entwicklung. Der Ursprung der nomadischen Viehzucht in Südosteuropa. - IX: Die Kaliwiawirtschaft Südgriechenlands. - X: Die Lebens- und Wirtschaftsformen des Nomadismus in Südosteuropa.* - IV. Aspekte einer Künftigen Entwicklung der Herdenviehzucht in Südosteuropa.

12

LESIEUR, L. et LEFEBVRE, J. - **Mathématiques.** P.C. deuxième année et Spéciales B. Tome III: **Compléments d'analyse, statistique et probabilités.** Un vol. in-8 (de la *Collection U*, Série « Mathématiques »), de 528 pages. Librairie Armand Colin, Paris, 1967. Sans indication de prix.

Sommaire. - I. Compléments d'analyse. *I: Séries numériques. - II: Séries de fonctions. Séries entières. - III: Développement d'une fonction en série entière. - IV: Fonctions définies par des séries. - V: Fonctions holomorphes. - VI: Exemples de fonctions holomorphes. - VII: Théorème de Cauchy. Résidu en un pôle. - VIII: Applications au calcul d'intégrales définies réelles. - IX: Systèmes différentiels linéaires. - X: Systèmes à coefficients constants. - XI: Equations aux dérivées partielles du premier ordre. - XII: Equations aux dérivées partielles du second ordre. - XIII: Equation de la chaleur. Equation de Laplace.* - II. Statistique et probabilités. *XIV: Eléments de statistique. - XV: Définition de la probabilité. - XVI: Probabilités conditionnelles et exemples. - XVII: Variables aléatoires. - XVIII: Distribution binomiale. Distribution de Poisson. Distribution normale. - XIX: Loi des grands nombres et théorèmes limites. Applications.*

MOISIL, G. C. - **Théorie structurelle des automates finis.** Un vol. in-8 (de la *Collection de Mathématiques Economiques*), de viii-338 pages, avec 328 figures et tableaux. Gauthier-Villars Editeur, Paris, 1967. Sans indication de prix.

Sommaire. - *I: Définition des circuits électroniques réguliers et des dipôles II. - II: Formule de structure d'un circuit régulier. - III: Fonctions de travail des circuits électroniques réguliers. - IV: Fonction de travail d'un dipôle II. - V: Relations entre la formule de structure et la fonction de travail. - VI: Les circuits à transistors de type « somme ». - VII: Les relais.* 1) *L'armature à contacts. - VIII: Sélecteur. - IX: Les éléments de commande et d'exécution. - X: Exemples d'analyse de quelques circuits. - XI: Equivalence fonctionnelle. - XII: Définition des algèbres de Boole, de Sheffer et de Lukasiewicz et des anneaux à caractère fini. - XIII: Equivalence algébrique. - XIV: Circuits électroniques à plusieurs niveaux. - XV: Formules d'interpolation. - XVI: Problème de la synthèse des circuits à contacts, redresseurs et résistances. - XVII: Problème de la synthèse des circuits à transistors et à tubes électroniques. - XVIII: Théorie de la simplification. - XIX: Les automates finis combinatoires. - XX: Les relais.* 2) *La théorie classique des schémas à contacts et relais. - XXI: Les relais.* 3) *Le montage d'excitation d'un relais. - XXII: Les circuits séquentiels à éléments électroniques. - XXIII: Les automates finis séquentiels.*

RICCIARDI, M. - **Il PERT, l'ALTAI e le altre tecniche reticolari di programmazione.** Prefazione di V. Fanfani. Un vol. in-8, di 280 pagine, con 132 figures. Etas-Kompass, Milano, 1968. Prezzo, rilegato, L. 5.000.

Sommario. - I. Il PERT. *I: Generalità. - II: Definizione degli elementi fondamentali della tecnica PERT e delle convenzioni stabilite per la loro rappresentazione grafica. - III: La tecnica PERT. - IV: Il PERT con elementi statistici. - V: L'applicazione del PERT alla programmazione delle attività di un progetto. - VI: I calcoli PERT eseguiti da elaboratori elettronici. - VII: Aspetti organizzativi.* - II. Il PERT-Costi. *VIII: Generalità sul*

(Suite 12)

PERT-Costi. - IX: La tecnica PERT-Costi. - X: Cenni sul programma « IBM 7090 PERT-COST ». - III. ALTAI e ALTAI-Costi. *XI: ALTAI. Tecnica di programmazione della produzione con più commesse contemporanee. - XII: Definizioni. - XIII: Estensione del campo di applicazione delle tecniche reticolari alla programmazione di più commesse contemporanee. - XIV: La tecnica ALTAI. - XV: Aggiornamenti e variazioni. - XVI: Descrizione di un esempio e dei tabulati risultanti. - XVII: ALTAI Costi.* - IV. Appendice. *XVIII: Aspetti e problemi vari; prospettive future.*

SACHS, L. - **Statistische Auswertungsmethoden.** Ein Band in-8, von XXIV-672 Seiten, mit 59 Abbildungen. Springer-Verlag, Berlin, 1968. Preis, geb., DM. 58.

INHALT. - I. Statistische Entscheidungstechnik. *I: Was ist Statistik: Statistik und wissenschaftliche Methode. - II: Elemente der Wahrscheinlichkeitsrechnung. - III: Der Weg zur Normalverteilung. - IV: Der Weg zum statistischen Test. - V: Drei wichtige Prüfverteilung. - VI: Diskrete Verteilungen.* - II. Die Anwendung statistischer Verfahren in Medizin und Technik. *I: Medizinische Statistik. - II: Folgetestpläne. - III: Wertbemessung biologisch wirksamer Substanzen auf Grund alternativer Dosis-Wirkungs-Kurven. - IV: Technische Statistik. - V: Unternehmensforschung.* - III. Der Vergleich unabhängiger Stichproben gemessener Werte. *I: Vertrauensbereich des Mittelwertes und des Medians. - II: Vergleich eines empirischen Mittelwertes mit dem Mittelwert einer normalverteilten Grundgesamtheit. - III: Vergleich einer empirischen Varianz mit ihrem Parameter. - IV: Vertrauensbereich der Varianz und des Variationskoeffizienten. - V: Vergleich zweier empirisch ermittelter Varianzen normalverteilter Grundgesamtheiten. - VI: Vergleich zweier empirischer Mittelwerte normalverteilter Grundgesamtheiten. - VII: Schnelltests, die angenähert normalverteilte Messwerte voraussetzen. - VIII: Ausreisserproblem und Toleranzgrenzen. - IX: Verteilungsfreie Verfahren für den Vergleich unabhängiger Stichproben.* - IV. Weitere Prüfverfahren. *I: Herabsetzung des Stichprobenfehlers durch Parallelstichproben: Der paarweise Vergleich. - II: Vergleich zweier verbundener (abhängiger) Stichproben. - III: Die Prüfung von Verteilungen mit dem X^2-Anpassungstest. - IV: Der* KOLMOGOROFF-SMIRNOFF-*Test für die Güte der Anpassung. - V: Die Häufigkeitvon Ereignissen. - VI: Die Auswertung von Vierfeldertafeln. - VII: Prüfung der Zufallsmässigkeit einer Folge von Alternativdaten oder Messwerten. - VIII: Prüfung einer Zeitreihe auf Trendänderung: Der Vorzeichen-Trendtest von* COX *und* STUART. - V. Abhängigkeitsmasse: Korrelation und Regression. *I: Vorbemerkung. - II: Typisierung korrelativer Zusammenhänge. - III: Verteilungsfreie Abhängigkeitsmasse. - IV: Schätzverfahren. - V: Prüfverfahren. - VI: Nichtlineare Regression. - VII: Einige linearisierende Transformationen. - VIII: Partielle und multiple Korrelation und Regression.* - VI. Die Auswertung von Mehrfeldertafeln. *I: Vergleich mehrerer Stichproben von Alternativdaten. - II: Die Analyse von Kontingenztafeln des Typs r.c.* - VII. Varianzanalytische Methoden. *I: Vorbemerkung. - II: Prüfung der Gleichheit mehrerer Varianzen. - III: Einfache Varianzanalyse. - IV: Zweifache Varianzanalyse. - V: Varianzanalytische Schnelltests. - VI: Rangvarianzanalyse für mehrere verbundene Stichproben. - VII: Prinzipien der Versuchsplanung.*

SCHUMPETER, J. A. - **Capitalismo, socialismo, democrazia.** Traduzione dall'inglese di E. ZUFFI. Un vol. in-8 (della collezione *Scienze politiche e sociali*, N. 2), di XII-396 pagine. Etas-Kompass, Milano, 1967. Prezzo, rilegato, L. 8.000.

SOMMARIO. - I. La dottrina marxista. *I: Marx profeta. - II: Marx sociologo. - III: Marx economista. - IV: L'insegnamento di Marx.* - II. Può il capitalismo sopravvivere? *V: Il tasso d'incremento della produzione totale. - VI: Capitalismo plausibile. - VII: Il processo della distruzione creatrice. - VIII: Pratiche monopolistiche. - IX: Stagione chiusa. - X: Declino delle opportunità d'investimento. - XI: La civiltà capitalistica. - XII: Muri che crollano. - XIII: Ostilità crescente. - XIV: Decomposizione.* - III. Può funzionare il socialismo? *XV: Sgombriamo il terreno. - XVI: Il progetto socialista. - XVII: Confronto fra modelli. - XVIII: L'elemento umano. - XIX: La fase di trapasso.* - IV. Socialismo e democrazia. *XX: L'impostazione del problema. - XXI: La dottrina classica della democrazia. - XXII: Un'altra dottrina della democrazia. - XXIII: Corollario.* - V. Schizzo storico dei partiti socialisti. *XXIV: L'infanzia. - XXV: La situazione di fronte alla quale si trovò Marx. - XXVI: Dal 1875 al 1914. - XXVII: Dalla prima alla seconda guerra mondiale. - XXVIII: Le conseguenze della seconda guerra mondiale. - XXIX: Verso il socialismo.*

(Suite 12)

VAJANI, L. - **Teoria statistica della previsione.** Un vol. in-8, di 120 pagine, con 13 figure e tabelle. Etas-Kompass, Milano, 1967. Prezzo, rilegato, L. 5.000.

La *teoria statistica della previsione* studia dal punto di vista statistico il passato di un certo comportamento, cioè la serie storica dei dati ad esso relativi, per ricavarne indicazioni circa il comportamento futuro probabile. La prima parte della presente opera tratta dei vari problemi connessi con la teoria della previsione: in particolare, in essa, si studia il fenomeno dell'errore, che costituisce uno degli approcci sicuri per migliorare il processo previsivo. La seconda parte dell'opera è dedicata all'analisi di un problema concreto di previsione relativo ad una serie evolutiva di carattere economico, con marcata componente stagionale. L'esame è condotto con uno dei metodi legati alla media mobile esponenziale ed i risultati a cui si perviene sembrano molto soddisfacenti.

SOMMARIO. - *I: Premessa. - II: Metodi di previsione. - III: Qualche concetto introduttivo. - IV: La stabilità del modello previsivo. - V: Studio dell'errore di previsione. - VI: Previsione di serie stazionarie. - VII: Previsione di serie evolutive. - VIII: Spianamento esponenziale. - IX: Correzione per* trend *lineare e per stagionalità. - X: Scelta dei valori iniziali e dei parametri. - XI: Metodi previsivi affini allo spianamento esponenziale. - XII: Studio di un caso concreto. - XIII: Previsione per serie temporali a più variabili. - XIV: Le previsioni economiche e quelle demografiche. - XV: Considerazioni conclusive.*

13

PETERS, J. - **Einführung in die allgemeine Informationstheorie.** Ein Band in-8, von XII-266 Seiten, mit 75 Abbildungen. Springer-Verlag, Berlin, 1967. Preis, geb., DM. 64.

INHALT. - *I: Die Umwelt als Quelle und als Verbraucher von Information. - II: Die Gesetze des Zufalls. - III: Zufallsprozesse. - IV: Grundlagen der Informations-Theorie. - V: Weiterführung und Anwendungen der Informations-Theorie.*

14

***. - **The Patient's Progress.** Edited by F. MARTI-IBAÑEZ. A vol. in-16, of X-148 pages. MD Publications, New York, 1967. Price, bound, Doll. U.S.A. 5,95.

At a moment in history, nearly 400,000 years ago, man became aware of his physical need for protection and moved from the dense wilderness of his surrounding environment into the shelter andre fuge of the cave. Here begins the recorded history of mankind and here begins the narrative of this book. Set against the vast panorama of the social, economic, artistic, and religious background of each historic epoch, *The Patients' Progress* weaves the vibrant and colorful tapestry of one of the most significant relationships in the development of human experience — the personal relationship between a patient and his physician.

CONTENTS. - *I: The Sorcerer and the Sinner. The Possessed. - II: The « Forever Navigators ». The Pagans. - III: The World of Gothic Medicine. Saints and Sinners. - IV: The Prodigious Year. Searchers and Skeptics. - V: The Brave Samaritan. And the Patient.*

CROWE, M. J. - **A History of Vector Analysis.** The Evolution of the Idea of a Vectorial System. A vol. in-8, of XVIII-270 pages, with figures. University of Notre Dame Press, London, 1967. Price, bound, sh. 123.

Today, vector analysis is one of the most important mathematical techniques used in physical science. In this book, which is the first large-scale study of the history

(Suite 14)

of vector analysis, Professor Crowe provides a detailed account of the intricate evolution of the modern system of vector analysis. It encompasses not only the growth of this specialized mathematical system but also the personalities and careers of the men responsible for its contemporary form. Particular attention is focused on the evolution of various ideas concerning the vectorial systems, the mathematical background—both conceptual and motivational—and descriptions of each primary system. In terms of continuity, the author demonstrates that the modern system of vector analysis may be traced back to Gibbs and Heaviside and, beyond them, to Maxwell, Tait and Hamilton. The history of vector analysis in one sense is the history of a system of abbreviations. Any problem solvable by the older and more complex Cartesian method can usually be solved by vector analysis. The history of this technique may also be viewed as a tradition of continuity, a process of looking at physical and geometrical entities. It is the broad consideration of these two aspects upon which Professor Crowe bases his study—the vectorial idea rather than specific theorems. The history of the following topics is traced: vector addition and subtraction, forms of vector multiplication, vector division and the specification of vector types as well as a section on vector differentiation and integration and the associated transformation theorems. All major vectorial systems are discussed and examined for the mathematical and motivational ideas that led to the development of each specific system.

HARDY, G. H. - **A Mathematician's Apology.** With a Foreword by C. P. Snow. A vol. in-16, of 154 pages. Cambridge University Press, London, 1967. Price, bound, sh. 15 in U.K.

The book is a personal account by a distinguished mathematician of what mathematics meant to him as a man. Hardy discusses and illustrates the attractive force of mathematics. He dismisses its utility but describes its depth and beauty as a creative art. Hardy asks: Is it worth man's while to give his life to the study of mathematics? His answer is of necessity personal, and indeed that is the book's value. It holds the confessions of an unrepentant but humane mathematician; his candid integrity and good humour make a finite addition to the sum of human thought.

LAPLACE, P. S. - **Opere.** A cura di O. Pesenti Cambursano. Un vol. in-8 (della collezione *Classici della Scienza*, N. 8), di 734 pagine. Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino, 1967. Prezzo, rilegato, L. 8.000.

Questa edizione presenta la traduzione di una scelta di scritti di Laplace, suddivisi in quattro sezioni: 1) la prima è dedicata alla matematica in generale e comprende quattro delle dieci *Lezioni di matematica* (1795) e il *Saggio sull'anello di Saturno* (1787-1789) che, pur affrontando un problema astronomico, espone degli interessanti procedimenti analitici e dà la prima formulazione della celebre equazione di Laplace; 2) la seconda è dedicata al calcolo delle probabilità e comprende il *Saggio sulle probabilità delle cause in base agli avvenimenti* (1774), che è la prima Memoria di Laplace dedicata dichiaratamente a tale tipo di calcolo; alcune pagine riguardanti gli assiomi del calcolo probabilistico, tratte dalla *Teoria Analitica delle probabilità* (1812), e per intero il *Saggio Filosofico sulle probabilità* (1814); 3) la terza è dedicata a lavori astronomici e presenta una scelta piuttosto vasta di capitoli dell'*Esposizione del Sistema del Mondo* (1796); 4) la quarta, infine, la più breve, comprende alcuni *Saggi sulla capillarità* (1806-1819).

YANG, C. K. - **Religion in Chinese Society.** A Study of Contemporary Social Functions of Religion and Some of Their Historical Factors. A vol. in-8, of viii-474 pages, with XXI tables. Cambridge University Press, London, 1967. Price, unbound, sh. 29.6.

Contents. - *I: Introduction. - II: Religion in the Integration of the Family. - III: Religion in Social and Economic Groups. - IV: Communal Aspects of Popular Cults. - V: Political Role of Chinese Religion in Historical Perspective. - VI: Operation of the*

(Suite 14)

Mandate of Heaven. - VII: Ethicopolitical Cults: « Guidance by the Way of the Gods» . - VIII: State Control of Religion. - IX: Religion and Political Rebellion. - X: Religious Aspects of Confucianism in its Doctrine and Practice. - XI: Religion and the Traditional Moral Order. - XII: Diffused and Institutional Religion in Chinese Society. - XIII: The Changing Role of Religion in Pre-Communist Chinese Society. - XIV: Communism as a New Faith.

15

***. - **Kürschners Deutscher Gelehrten-Kalender 1966.** Herausgegeben von W. SCHUDER. Zehnte Ausgabe. BAND 1. **A-M;** BAND 2. **N-Z und Register.** Zwei Bände in-8, von X-3032 Seiten. Walter de Gruiter & Co., Berlin, 1966. Preis, geb., DM. 192.

INHALT. - *I: Vorwort. - II: Redaktionelle Bemerkungen und Abkürzungen. - III: Verzeichnis der Gelehrten. - IV: Nekrolog. Liste der seit 1961 in der Redaktion ermittelten Todesfälle. - V: Festkalender. 50., 60., 65., 70., 75., 80., 85., 90., 95., 100. Geburtstage. - VI: Register der Gelehrten nach ihren Fachgebieten. - VII: Wissenschaftliche Verlage.*

***. - **Les casse-tête mathématiques de Sam Loyd.** Choisis et présentés par M. GARDNER. Traduits et adaptés par PH. GATBOIS. **Tome II.** Un vol. in-8, de 196 pages, avec 143 figures. Dunod, Paris, 1967. Prix, broché, 12,80 F.

On a parfois quelque mal à admettre que les mathématiques puissent être utilisées à des fins divertissantes. Martin Gardner a réuni une centaine des meilleurs problèmes de Sam Loyd qui forment la matière d'un livre, dont cet est le deuxième tome. Les étudiants en mathématiques y trouveront un excellent moyen de distraction et perdront certainement quelques heures avant d'arriver à la solution, les ingénieurs, les professeurs et tout public cultivé passeront d'agréables moments à la lecture de cette nouvelle série de jeux mathématiques.

ALMAGIÀ, R. - **Lazio.** Un vol. in-4 (Vol. XI dell'opera *Le Regioni d'Italia*), di XVIII-750 pagine, con 388 figure e LXX cartine geografiche nel testo, con una carta geografica e VIII tavole a colori fuori testo. Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino, 1966. Prezzo, rilegato, L. 12.000.

Nel piano generale della Collana « Le Regioni d'Italia », Roberto Almagià s'era riservato la stesura d'uno dei volumi più impegnativi, quello destinato a descrivere il Lazio, regione che l'autore conosceva a fondo. 19 capitoli di cui si compone l'opera erano già stati tutti scritti dall'autore quando Egli mancò. Il Prof. Migliorini fu quindi incaricato della revisione e aggiornamento ultimando in pari tempo la stesura dei capitoli rimasti incompleti. In questo lavoro il prof. Migliorini ha avuto la collaborazione del Prof. A. Caracciolo (per il capitolo storico), del Prof A. G. Segre (per il capitolo sul rilievo: montagne e pianure), del Dott. C. Mennella (per il paragrafo sul clima), della Prof.ssa C. Merlo (per la parte relativa alla popolazione) e soprattutto del Dott. L. Cardi, assistente presso l'Istituto di Geografia di Napoli.

SOMMARIO. - *I: Il nome e l'estensione del Lazio attraverso i secoli. - II: Uno sguardo al passato. - III: Montagne e pianure del Lazio. - IV: I corsi d'acqua e i laghi. - V: Aspetti del clima e della vegetazione. - VI: Le regioni naturali del Lazio. - VII: La popolazione del Lazio. - VIII: Distribuzione della popolazione e tipi della casa e dei centri. - IX: Tradizioni popolari di Roma e del Lazio. - X: La vita economica. L'agricoltura, l'allevamento, la pesca e la caccia. - XI: L'economia industriale. Il commercio, i traffici ed il turismo. - XII: Roma e l'Agro Romano. - XIII: La Tuscia Romana. - XIV: La Sabina. - XV: La Valle dell'Aniene. - XVI: I « Castelli Romani ». - XVII: La valle del Sacco e il paese ernico-simbruino. - XVIII: I Monti Lepini, gli Ausoni e gli Aurunci. - XIX: L'Agro Pontino, la Piana di Fondi e la fascia costiera fino al Garigliano. Le Isole Ponziane.*